

Міжнародна науково-практична конференція
“Проблеми надзвичайних ситуацій”

Моделювання процесів теплопровідності за допомогою ПК ЛІРА-САПР

Марія БАРАБАШ, д. т. н., професор,
директор ТОВ «ЛІРА-САПР»

Марина Ромашкіна, к.т.н.
технічна підтримка LIRALAND

Харків,
19 травня 2023 року



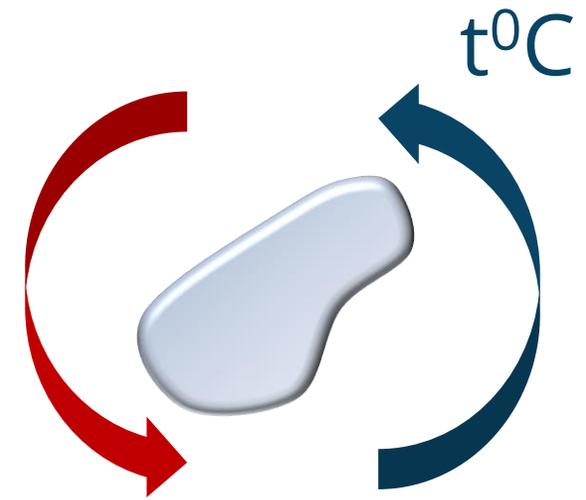
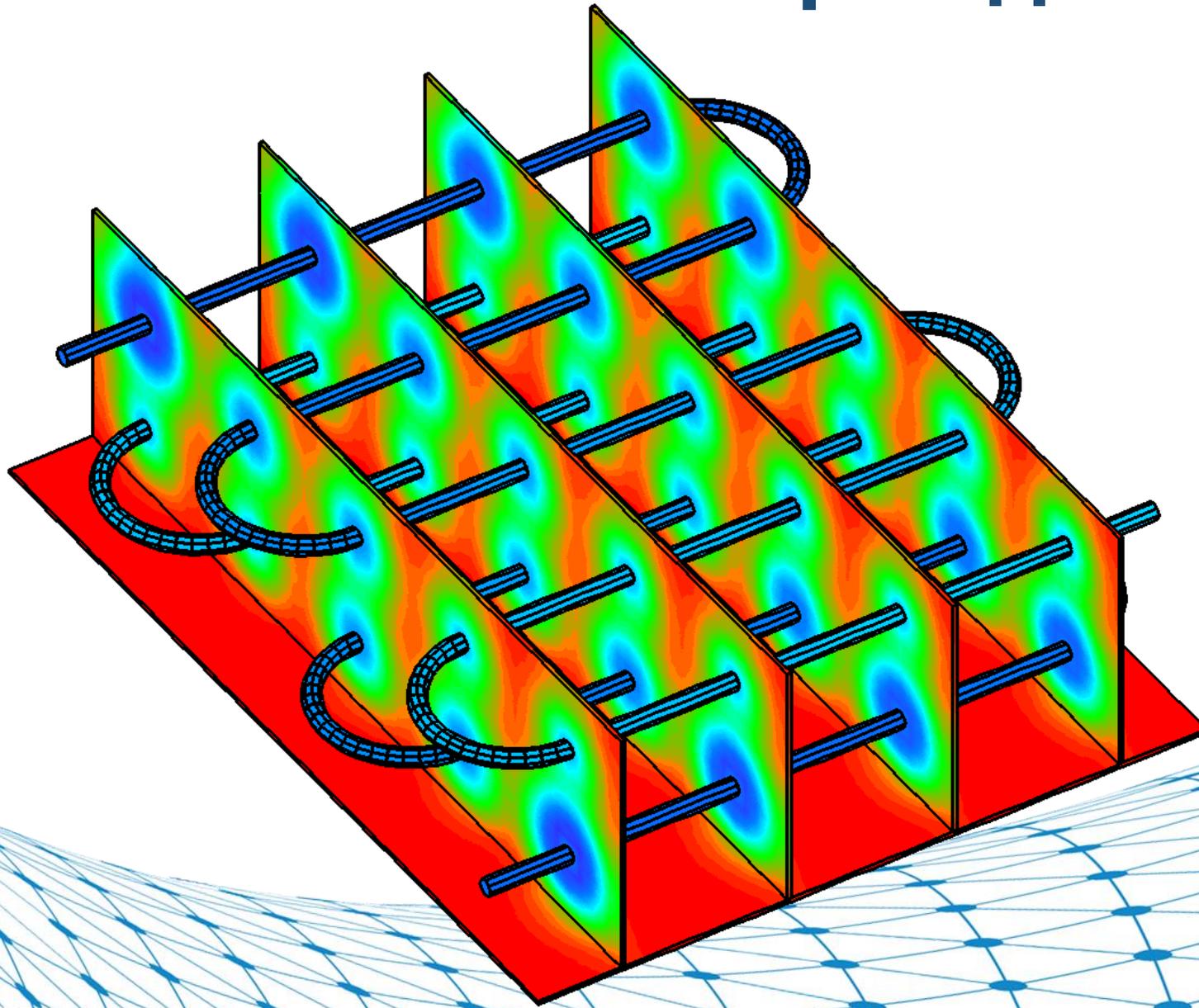
LIRALAND
G R O U P

Программний комплекс «ЛИРА-САПР»

Програмний комплекс для розрахунку і проектування будівельних і машинобудівельних конструкцій різного призначення.



Система «Теплопровідність»



Система «Теплопровідність»

The screenshot displays the LIRA-CAEP software interface. The main window title is "ПК ЛІРА-САПР 2024 R1 x64". The interface includes a top menu bar with options like "аналіз", "Залізобетон", "Метал", "Цегла", and "Теплопровідність". A toolbar below the menu contains various icons for "Жорсткості", "Конструктор перерізів", "Задане армування", "Варіанти", "Блоки", "Редактор завантажень", "Навантаження", and "Інструменти".

A dialog box titled "Опис схеми" (Scheme Description) is open in the center. It contains the following fields and options:

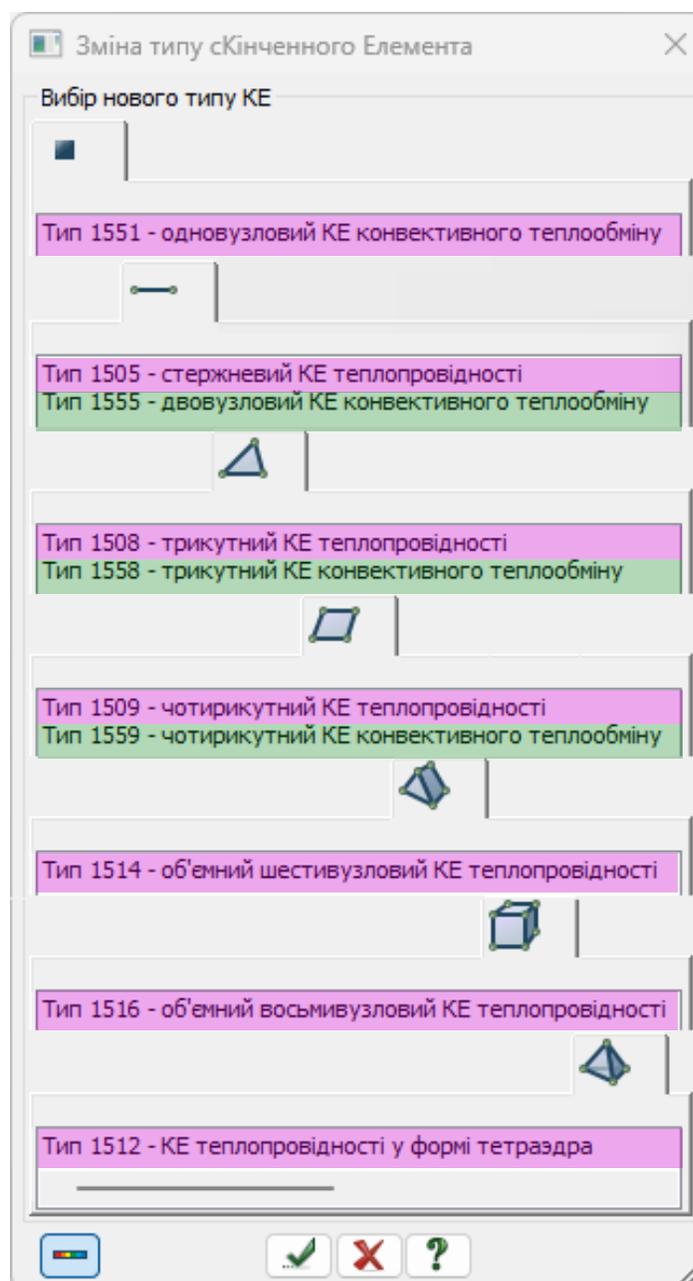
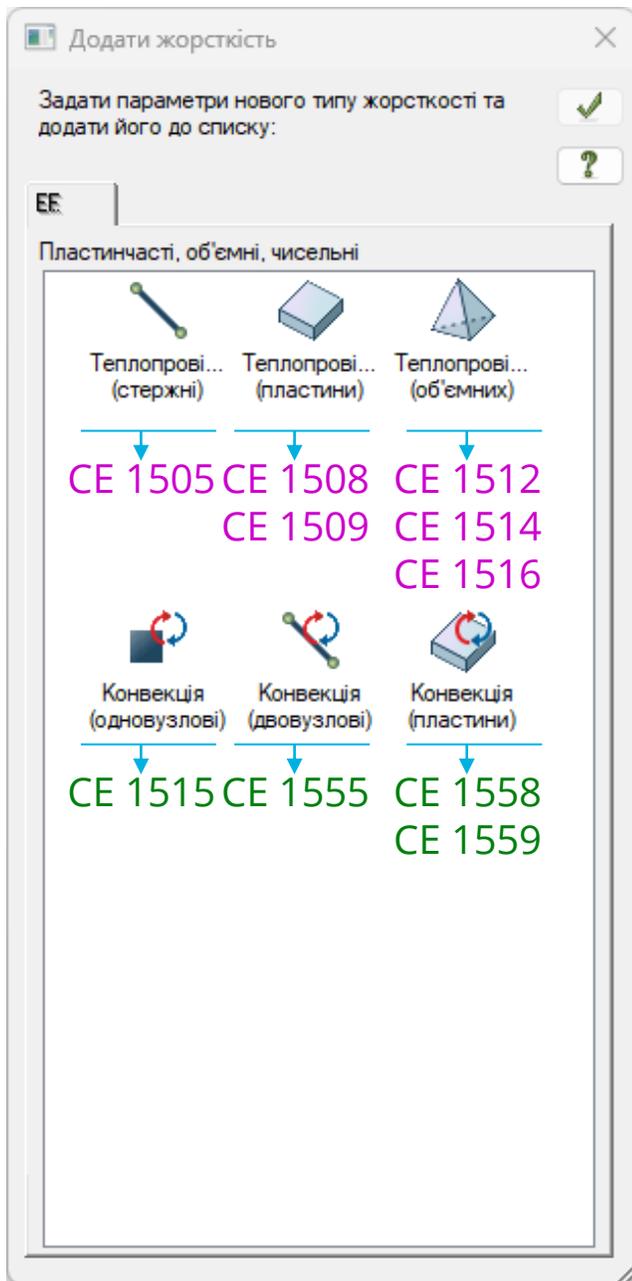
- Ознака схеми** (Scheme Label): A dropdown menu showing "15 - Один степінь вільності у вузлі - температура (t)".
- Значення навантажень** (Load Values): Radio buttons for "розрахункові" (selected) and "нормативні" (normative).

The left sidebar shows a list of scheme labels:

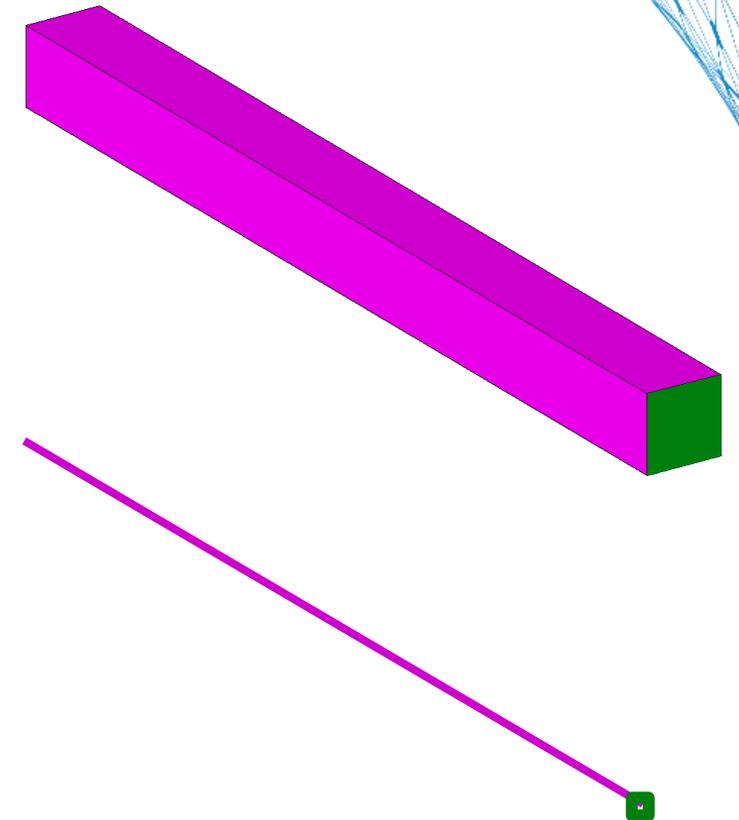
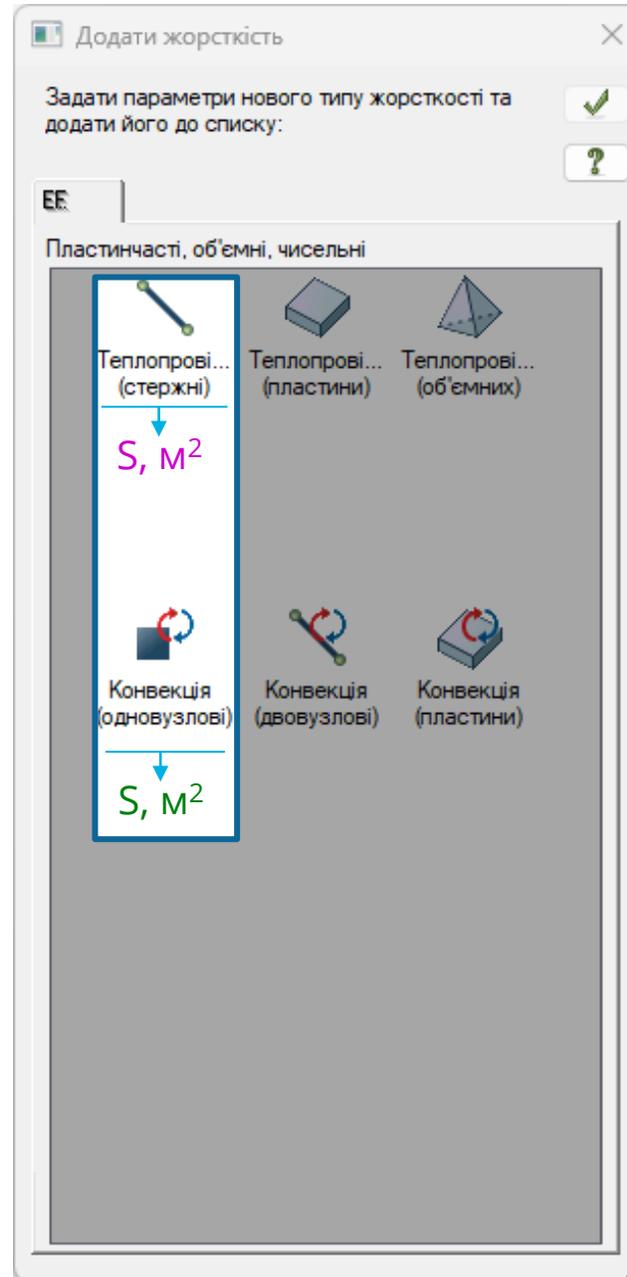
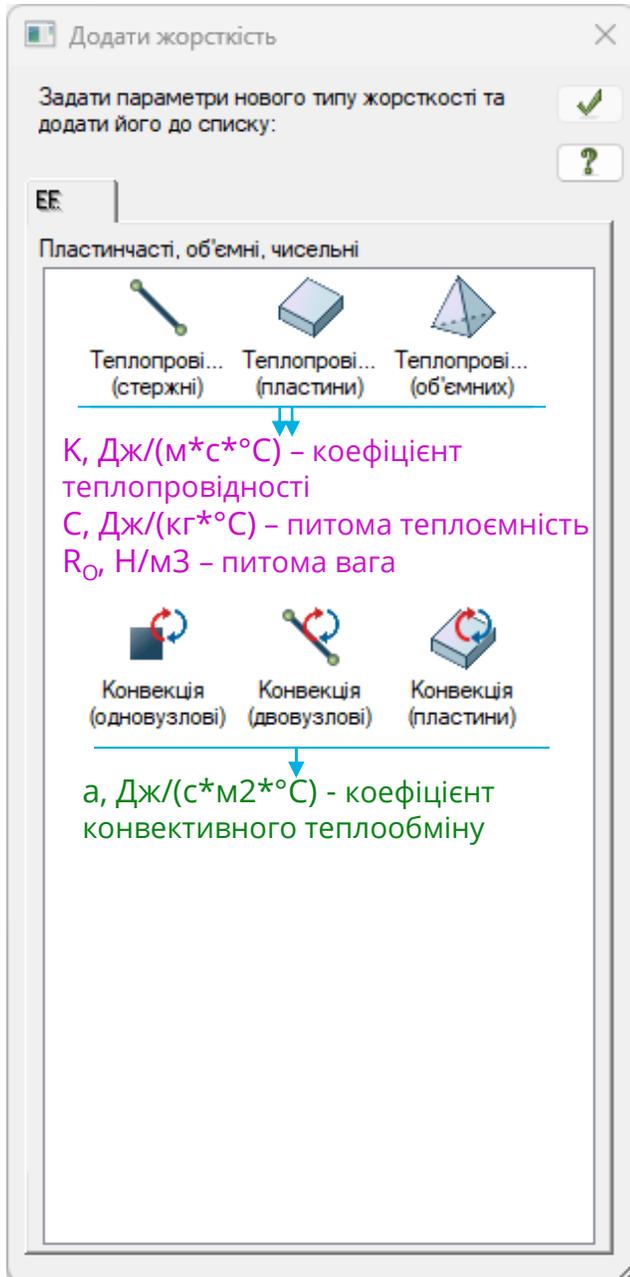
- Ознака схеми
- 1 Перша ознака схеми
- 2 Друга ознака схеми
- 3 Третя ознака схеми
- 4 Четверта ознака схеми
- 5 П'ята ознака схеми
- 6 Шоста ознака схеми
- 15 П'ятнадцята ознака схеми

The bottom window title is "ПК ЛІРА-САПР 2022 R2.1 x64 - test10_12". Its menu bar includes "Теплопровідність", "Вузли", "Пластини", and "Об'ємні КЕ". The toolbar contains icons for "Додати вузол", "Додати елемент", "Створити в САПР", "Копіювання", "Упаковка схеми", "Переміщення", "Жорсткості", "Навантаження", "Аналіз геометрії та властивостей", "Динаміка у часі", "Виконати розрахунок", "Мозаїка температур", "Ізополя температур", "Мозаїка тепл.потoku", and "Документація".

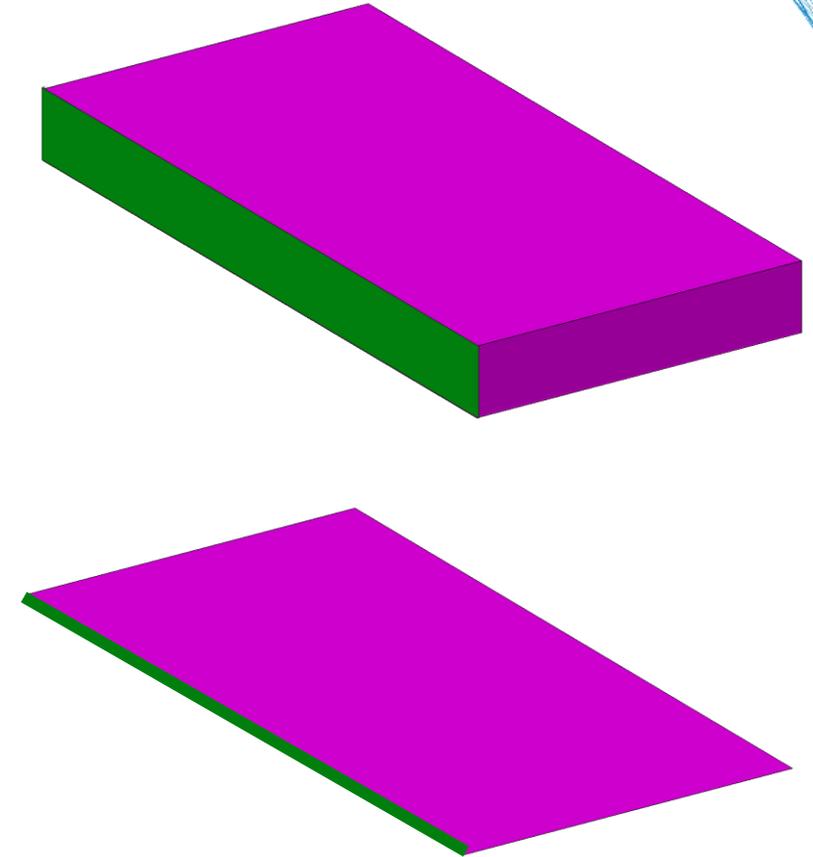
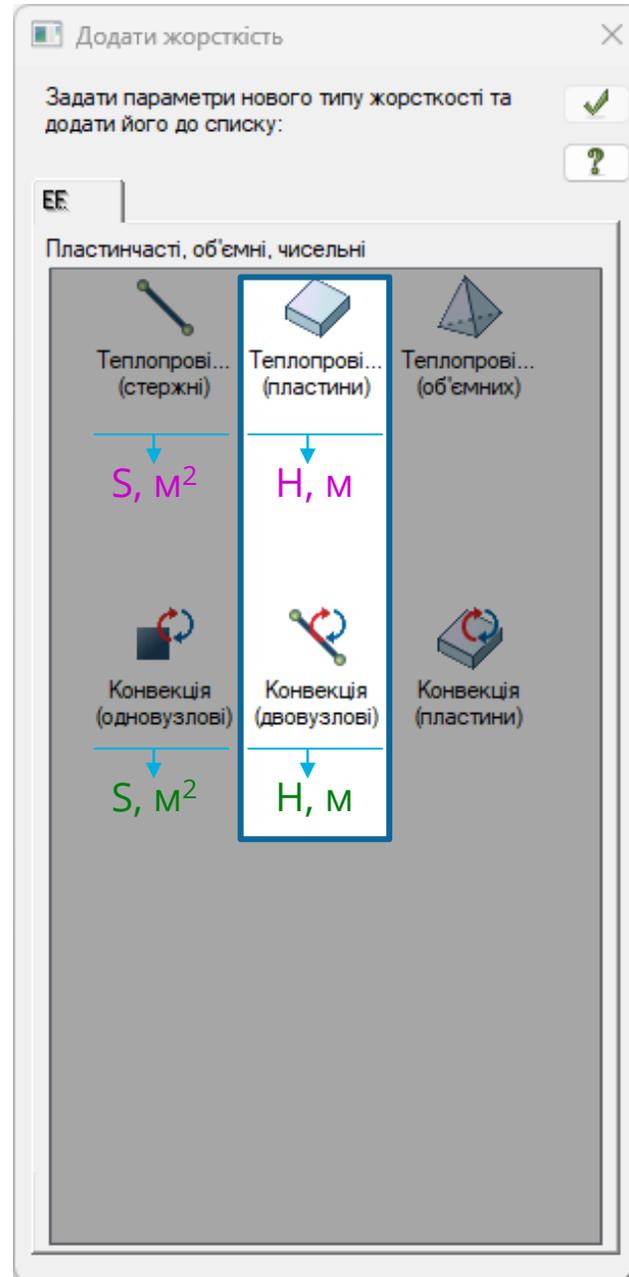
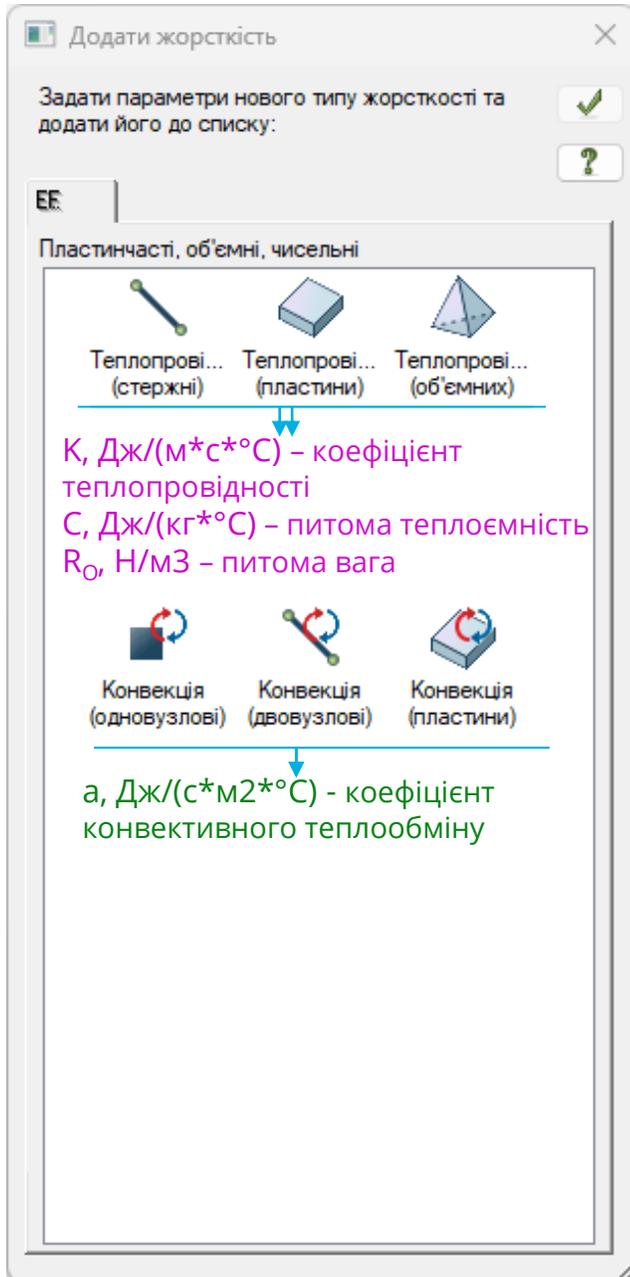
Система «Теплопровідність»



Система «Теплопровідність»



Система «Теплопровідність»



Система «Теплопровідність»

Додати жорсткість

Задати параметри нового типу жорсткості та додати його до списку: ✓ ?

EE

Пластинчасті, об'ємні, чисельні

Теплопрові... (стержні) Теплопрові... (пластини) Теплопрові... (об'ємних)

$K, \text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C})$ - коефіцієнт теплопровідності
 $C, \text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ - питома теплоємність
 $R_0, \text{Н}/\text{м}^3$ - питома вага

Конвекція (однoузлові) Конвекція (двоузлові) Конвекція (пластини)

$a, \text{Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ - коефіцієнт конвективного теплообміну

Додати жорсткість

Задати параметри нового типу жорсткості та додати його до списку: ✓ ?

EE

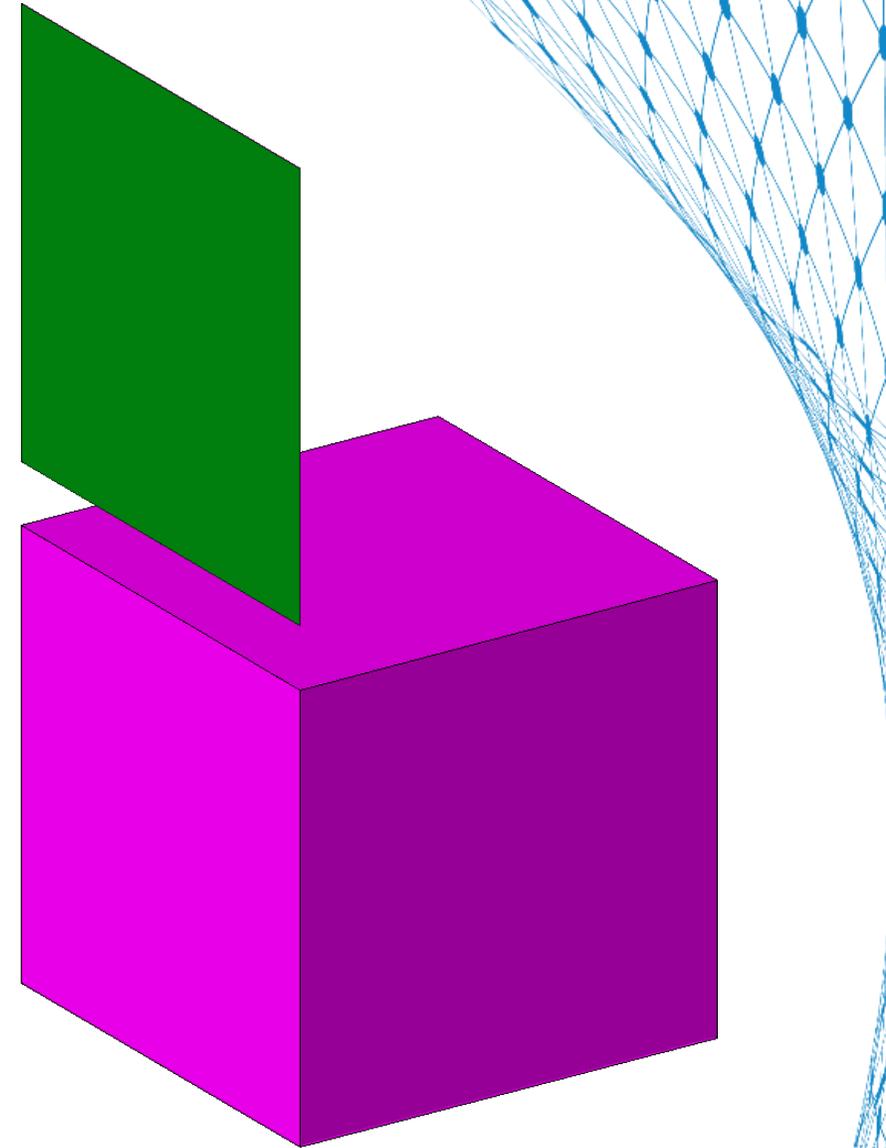
Пластинчасті, об'ємні, чисельні

Теплопрові... (стержні) Теплопрові... (пластини) Теплопрові... (об'ємних)

$S, \text{м}^2$ $H, \text{м}$

Конвекція (однoузлові) Конвекція (двоузлові) Конвекція (пластини)

$S, \text{м}^2$ $H, \text{м}$



Система «Теплопровідність»

Додати жорсткість

Задати параметри нового типу жорсткості та додати його до списку: ✓ ?

ЕЕ

Пластинчасті, об'ємні, чисельні

Теплопрові... (стержні) Теплопрові... (пластини) Теплопрові... (об'ємних)

Конвекція (одновузлові) Конвекція (двовузлові) Конвекція (пластини)

Теплопровідність (пластини)

Н 100 см

К 0 Дж/(м*с**С) 1K(T) ↑T-K

С 1 Дж/(кг**С)

Ro 1 Н/м3

Коментар

✓

Закони нелінійного деформування матеріалів

Нелінійна теплопровідність

Закон нелінійного деформування: 1501 - кусочно-лінійний закон

№ запису: 2 Нова Копіювати Видалити

Коментар

Завантажити закон із файлу

Параметри закону нелінійного деформування

Температура	К

Намалювати

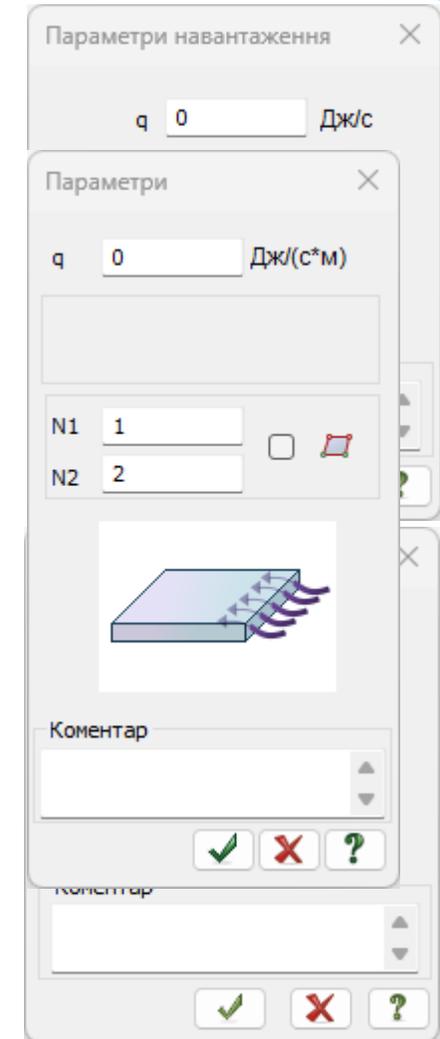
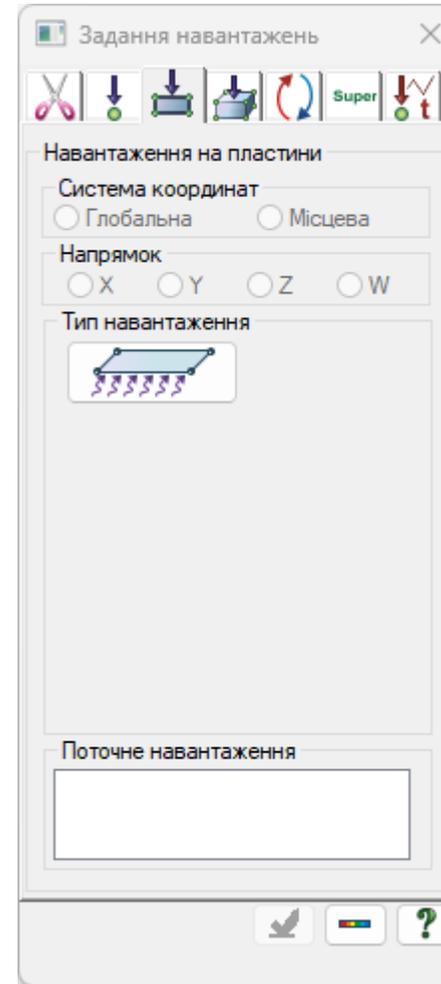
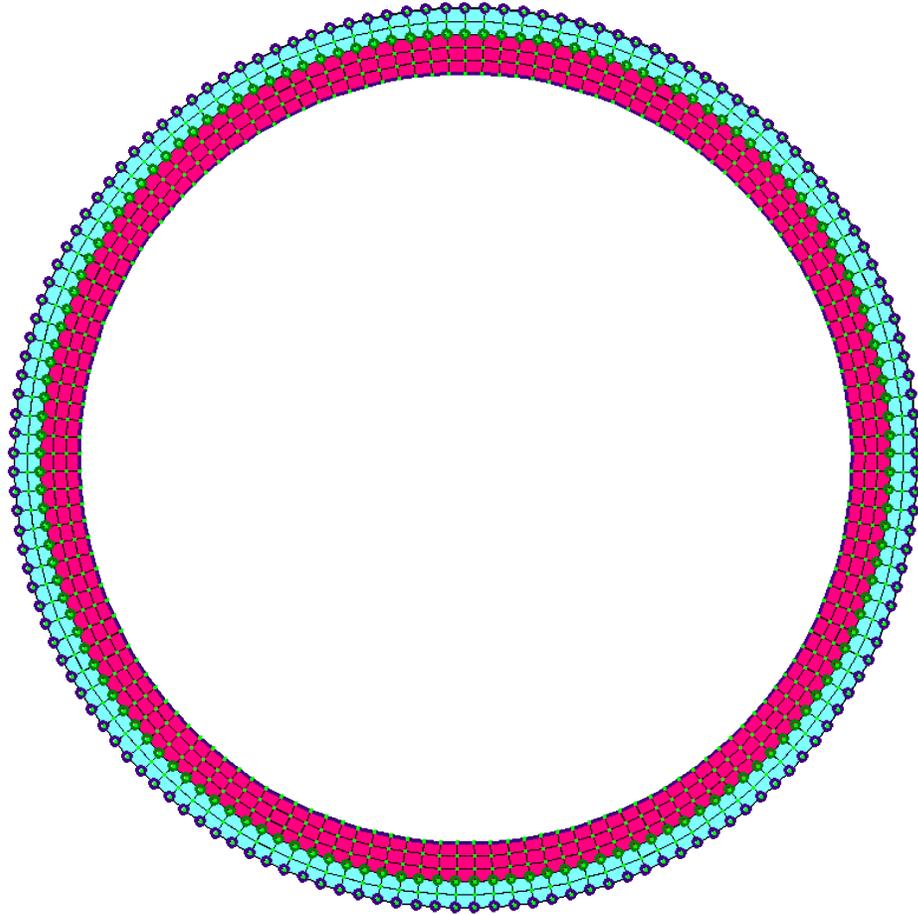
Зберегти закон у файл

Поточний закон Усі закони проекту

Підтвердити Скасувати Довідка

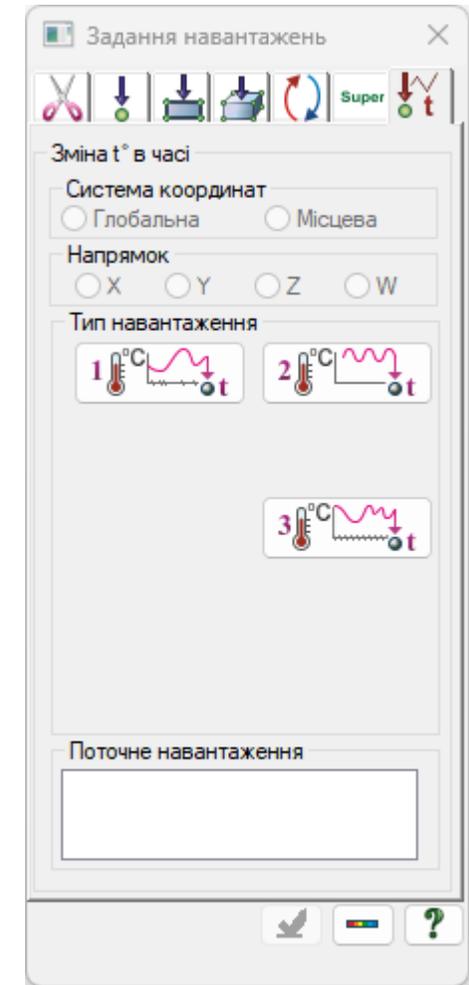
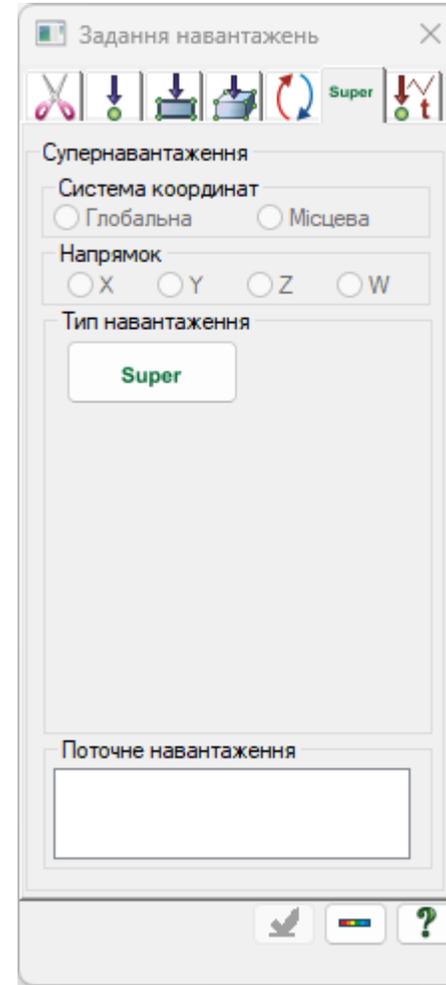
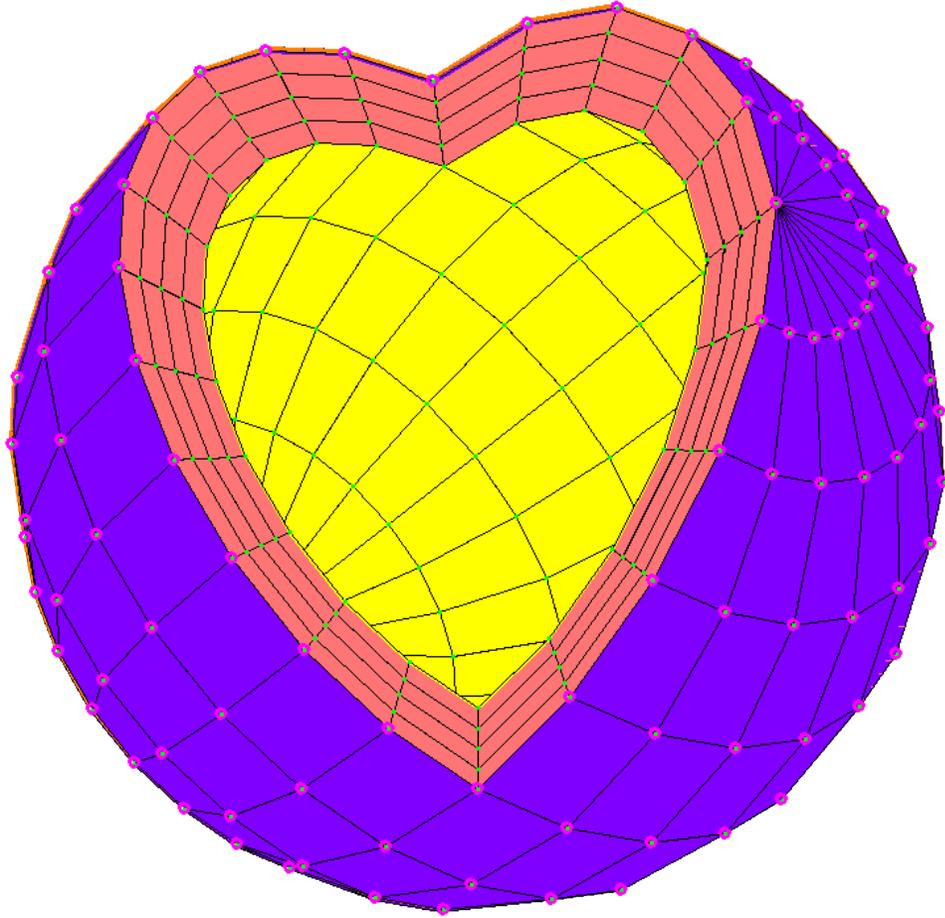


Система «Теплопровідність»



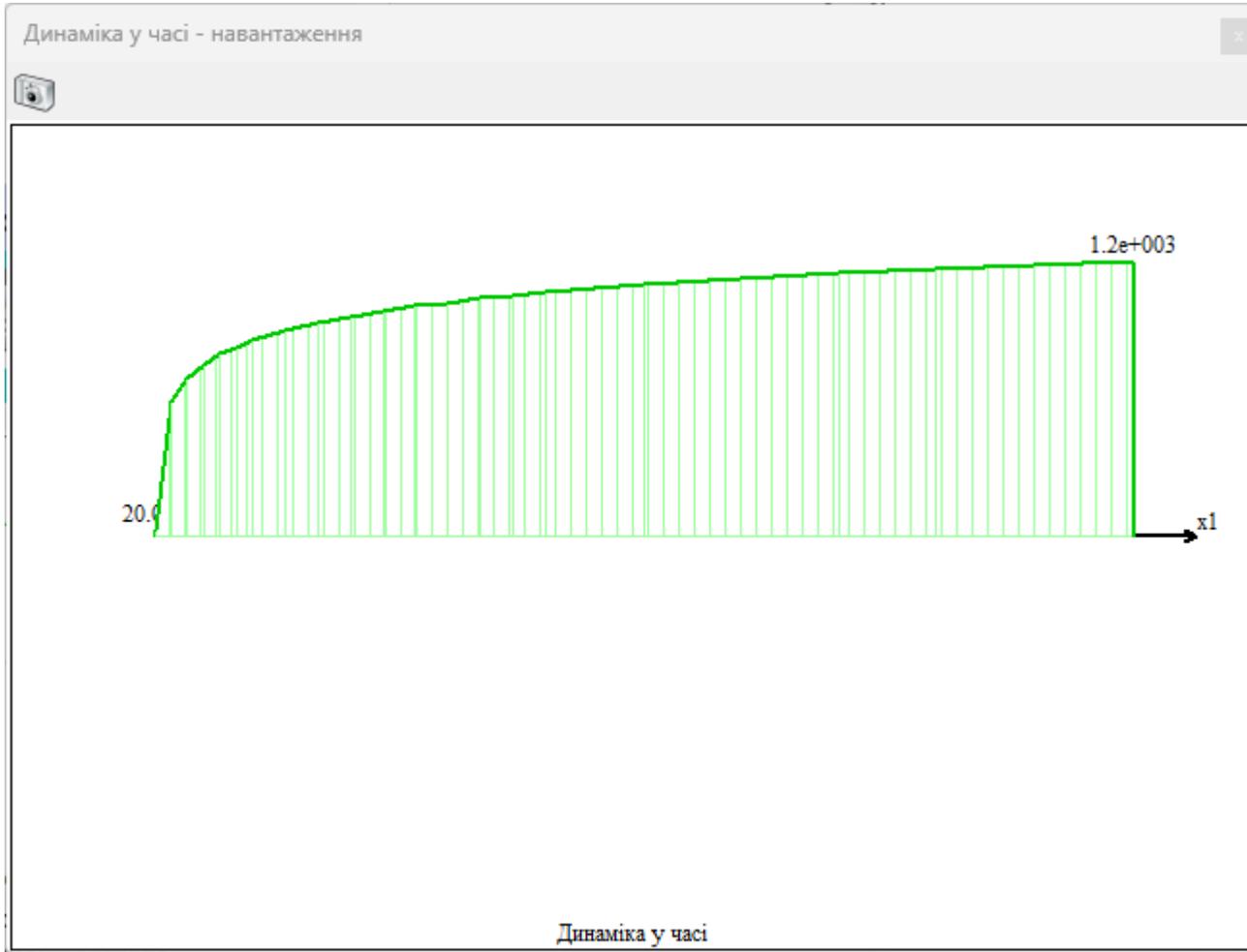
Для моделювання різних типів температурного впливу застосовуються: задана температура у вузлі, тепловий потік на поверхні тіла, задана зовнішня температура для елементів конвекції, а також нестационарні види навантажень і променистий теплообмін (радіація).

Система «Теплопровідність»



Для моделювання різних типів температурного впливу застосовуються: задана температура у вузлі, тепловий потік на поверхні тіла, задана зовнішня температура для елементів конвекції, а також нестационарні види навантажень і променистий теплообмін (радіація).

Система «Теплопровідність»



Динаміка у часі із статичних навантажень

Зведена таблиця :

№ дин....	№ стат...
3	5

Стат.завантаження
№ зава 6

Динам.завантаження
№ зава 3

Закон перетворювання

1-Ламана з довільним кроком

2-Синусоїдальний

4-Ламана з рівн. кроком

15-Теплове випромінювання

Параметри закону

Початкові параметри

Кіл-ть точок
22

Коеф. поглинання
1

Коеф. випромінювання
1

Кутовий коеф.
1

t (i) [c]	T (i) [°C]
0	20
5	576
10	679
15	738
20	781
25	810
30	840
40	885
50	915
60	945
70	970

Для моделювання різних типів температурного впливу застосовуються: задана температура у вузлі, тепловий потік на поверхні тіла, задана зовнішня температура для елементів конвекції, а також нестационарні види навантажень і променистий теплообмін (радіація).

Система «Теплопровідність»

ПК ЛІРА-САПР 2024 R1 x64 - test10_12

Теплопровідність | Вузли

Додати вузол | Додати елемент | Створити в САПР | Копіювання | Упаковка схеми | Переміщення | Жорсткості | Навантаження

Аналіз геометрії та властивостей | Розрахунок | Температура | Інструменти | Таблиці

1. Загруження 1
Мозаїка типів скінченних елементів

12% 1514 | 48% 1516 | 8% 1558 | 32% 1559

1. Загруження 1
Мозаїка теплового потоку
Одиниці виміру - Дж/с

22% 14.4 | 22% 27.4 | 22% 37.8 | 22% 44.6 | 11% 47 | <1% 62.2

Розрахувати тепловий потік

Список елементів | Оновити | Виділити

376-500 1001-1125

Вузли примикання фрагменту

Номер групи вузлів: 1

Створити | Видалити

Кут повороту навколо осі Z: 0.0, град

Список вузлів | Оновити | Виділити

379-504 808-908

Виконати розрахунок

Тепловий потік в вузлах
Розрахувати тепловий потік в вузлах

Мозаїка тепл. потоку

Підсумувати тепловий потік
Розрахувати сумарний тепловий потік в обраному навантаженні

Сумування навантажень

Навантаження Тепловий потік

Інерційні сили Ваги мас

Список вузлів: Усі | Список елементів: Усі

Вибір навантаження

Завантаження № зава: 1 | Одиниця: Дж/с

РСН

Сумарні навантаження					
	Об'єми	Пластини	Стержні	Вузли	Усього
Σ T				7 511 429	7 511 429

Координати центрів сил

Перекидаючий момент

Контрольна точка A | Момент відносно A

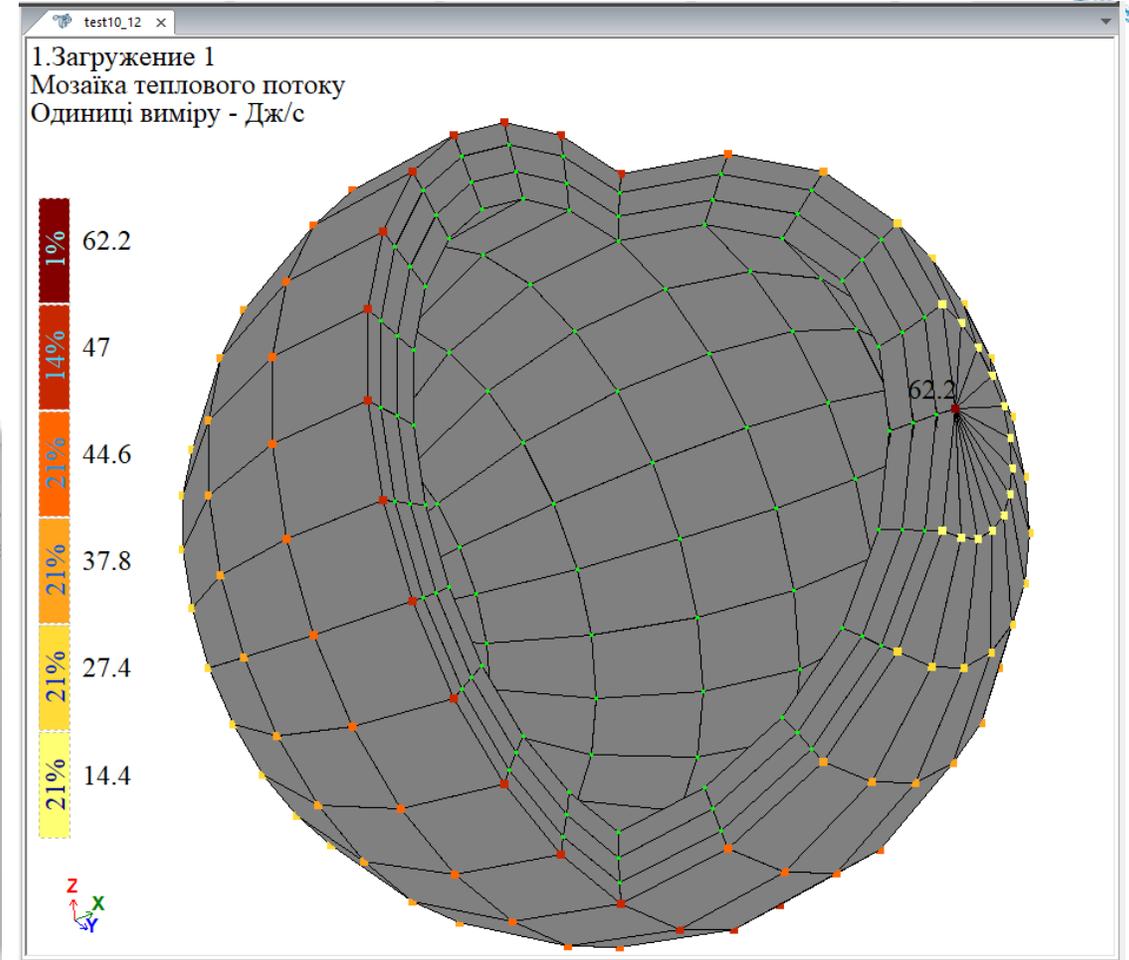
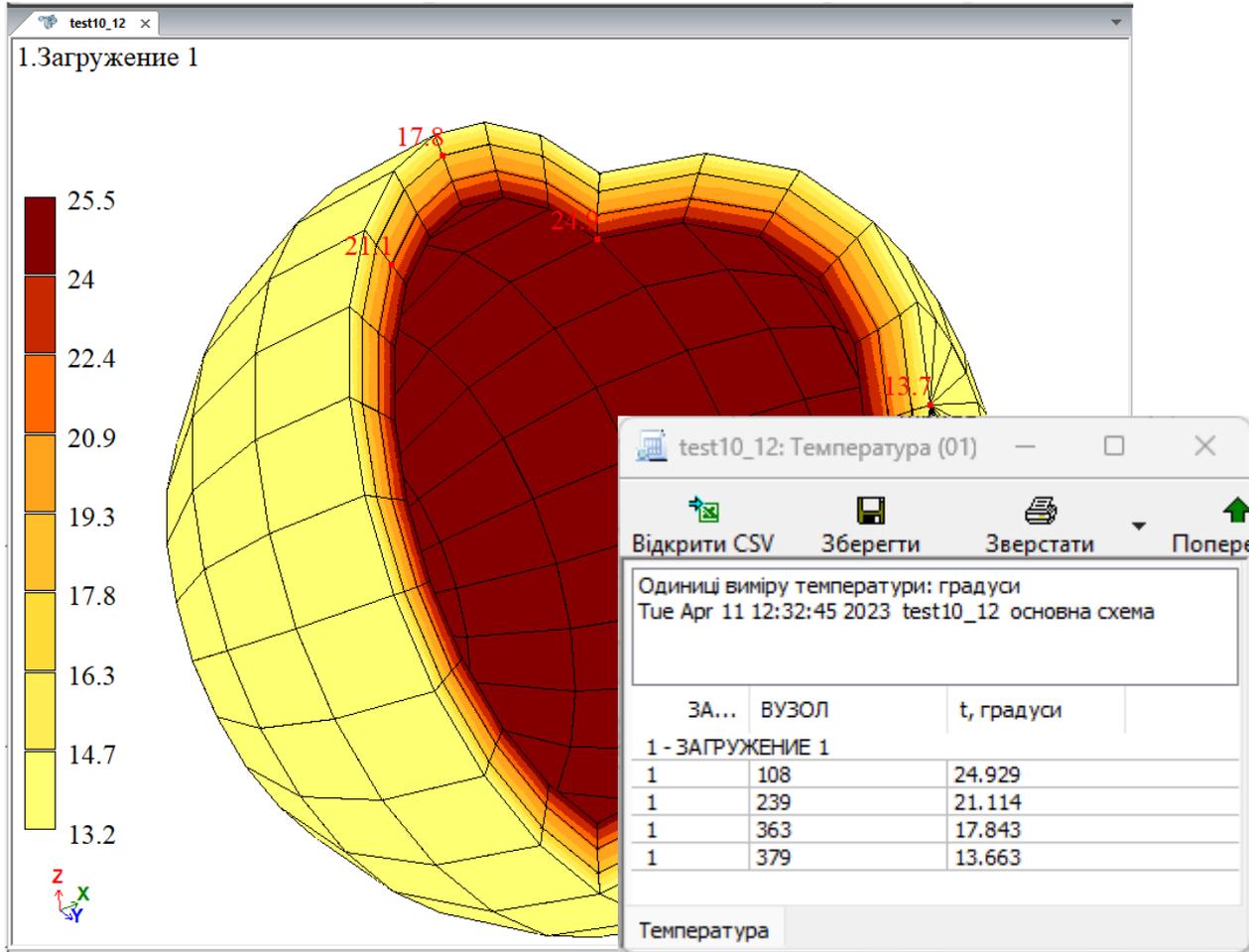
Вказати курсором | Обчислити

Поларні моменти інерції мас

I_{rx} | I_{ry} | I_{rz} | Y_c | X_c | Z_c | Y_c | X_c | Y_c

Обчислити | Обрахувати центри мас

Система «Теплопровідність»



Результати розрахунку задачі теплопровідності можуть бути представлені в табличній та графічній формі: у вигляді мозаїк та ізополів температур, мозаїк теплового потоку.

Система «Теплопровідність»

темпер_нагруз

14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%
57.8	58.4	59	59.7	60.4	61.1	61.8

Мозаїка температур
Одиниці виміру - °C

Інструменти

Експортувати t° наван... X

Поточна схема

Тільки відмічені

Експортує t° навантажен

Імпортує t° навантаження

Збирання

Зі зміщенням

Вказати вузли

По 1 вузлу

На плані

У просторі

°C 15 П'ятнадцята ознака схеми
°C 15 П'ятнадцята ознака схеми

X ?

труба_темпер_нагруз_НДС

13%	13%	13%	13%	13%	13%	12%
57.8	58.1	58.7	59.4	60	60.7	61.8

Мозаїка t° (середньої температури)
Одиниці виміру - °C

Інструменти

Імпортувати t° навант... X

Поточна схема

Тільки відмічені

Експортує t° навантажен

Імпортує t° навантаження

Збирання

Зі зміщенням

Вказати вузли

По 1 вузлу

На плані

У просторі

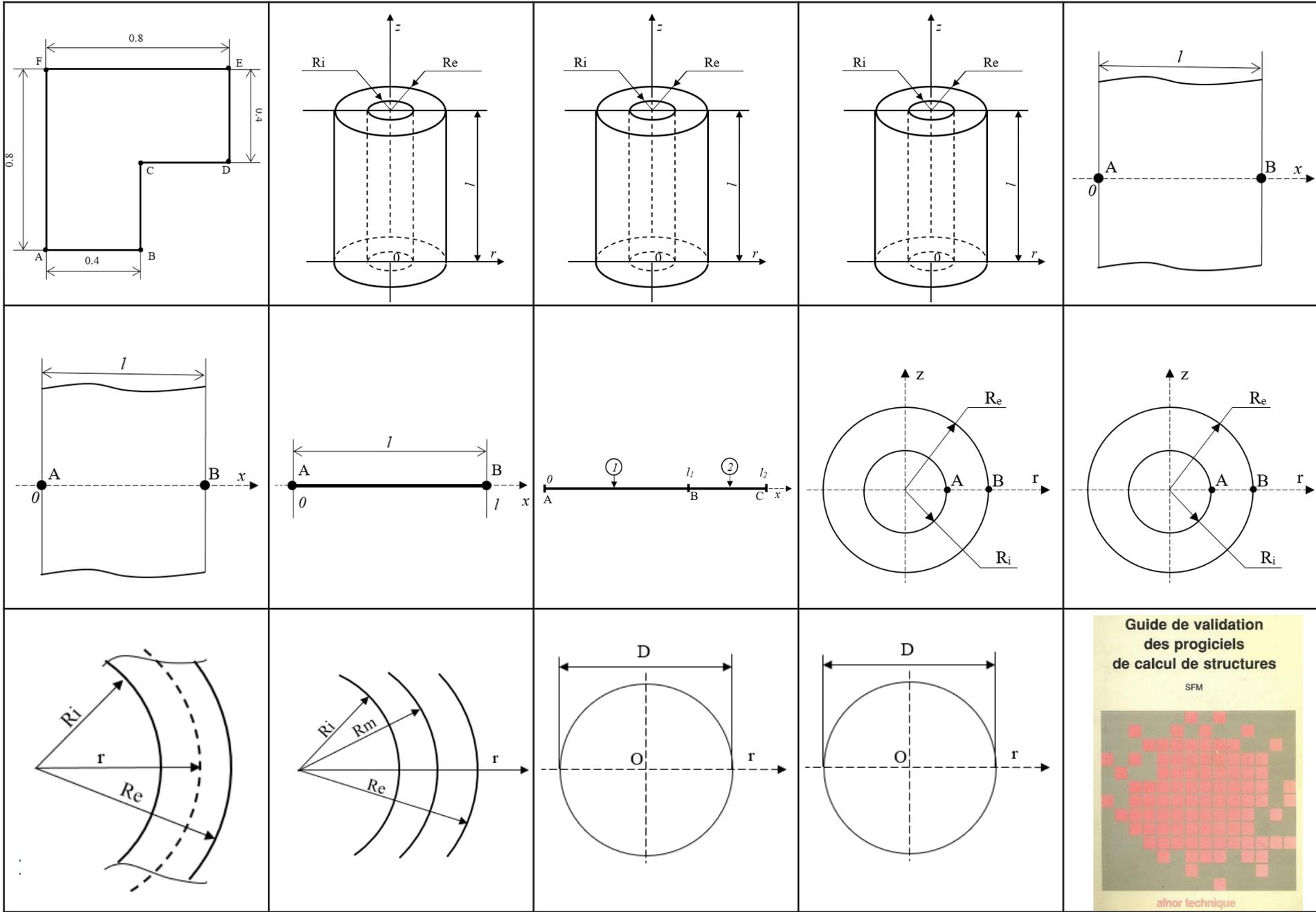
К розширення Т початкова
1.2e-5 °C-1 0. °C

Імпортувати

°C 5 П'ята ознака схеми
Шість степенів вільності у вузлі (X, Y, Z, Ux, Uy, Uz)

X ?

Верифікаційні тести задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 1 Стаціонарна передача тепла у пластині Г-подібної форми за граничних умов першого роду (задана температура)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Аналітичне рішення: G.T. Symm-, National Physical Laboratory Division of Numerical Analysis and Computing, Treatment of singularities in solution of Laplace's equation by an integral equation method, NPL Report NAC 31, jan. 1973.

Геометрія:

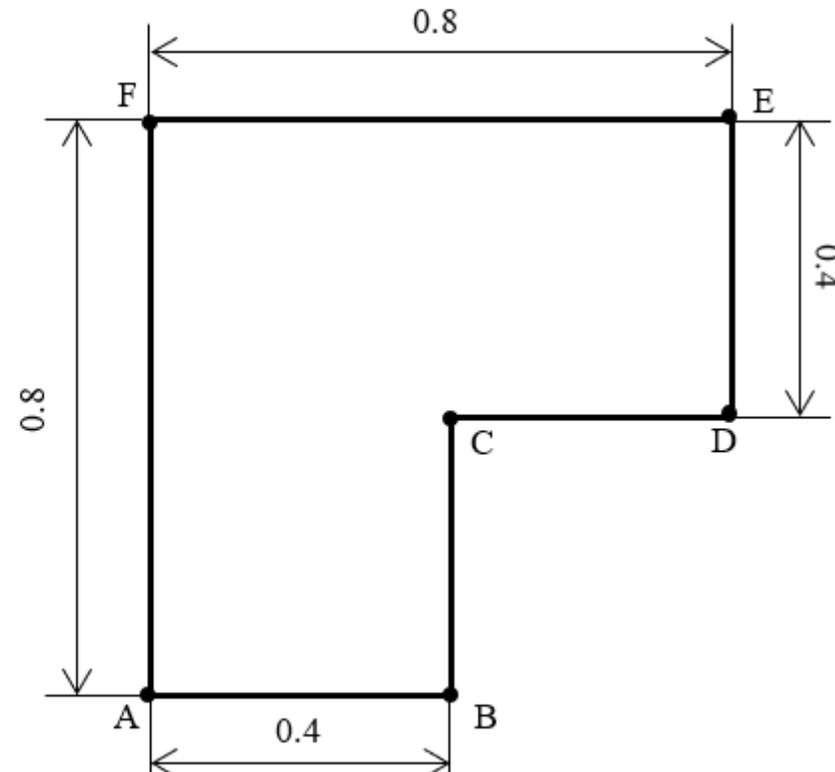
Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=1\text{Вт/м}^0\text{C}$

Граничні умови:

Для сегменту AF: $T=10^\circ\text{C}$.

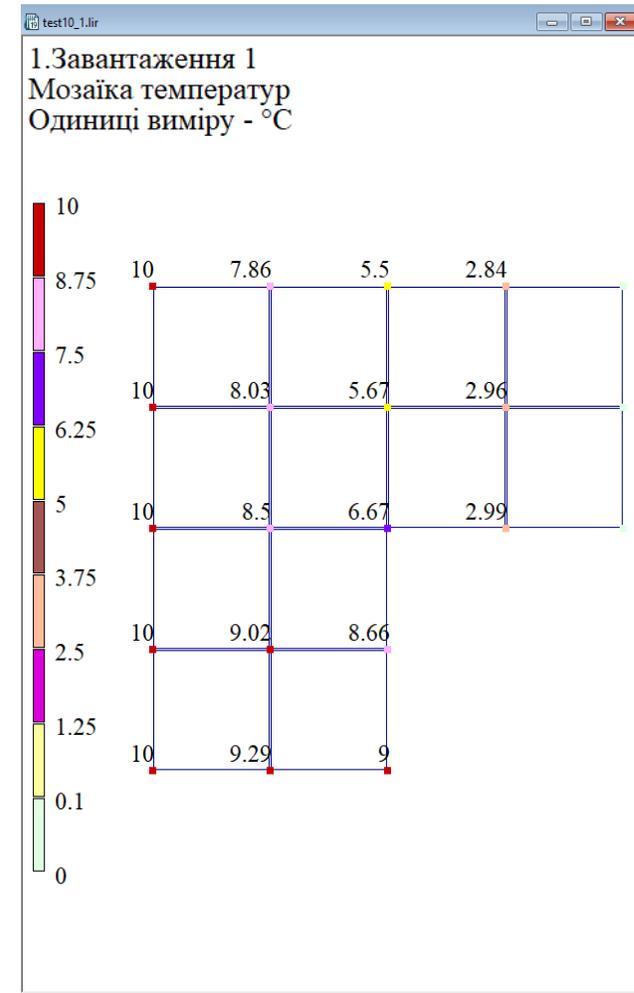
Для сегменту DE: $T=0^\circ\text{C}$



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності

x(м)	z(м)	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
0	0	T (°C)	10	10	0
0	0.2	T (°C)	10	10	0
0	0.4	T (°C)	10	10	0
0	0.6	T (°C)	10	10	0
0	0.8	T (°C)	10	10	0
0.2	0	T (°C)	9.316	9.294	0.236
0.2	0.2	T (°C)	9.001	9.015	0.156
0.2	0.4	T (°C)	8.514	8.505	0.106
0.2	0.6	T (°C)	8.018	8.025	0.087
0.2	0.8	T (°C)	7.869	7.861	0.102
0.4	0	T (°C)	9.009	8.996	0.144
0.4	0.2	T (°C)	8.640	8.661	0.243
0.4	0.4	T (°C)	6.667	6.667	0.000
0.4	0.6	T (°C)	5.680	5.669	0.194
0.4	0.8	T (°C)	5.495	5.502	0.127
0.6	0.4	T (°C)	2.972	2.99	0.606
0.6	0.6	T (°C)	2.881	2.959	2.707
0.6	0.8	T (°C)	2.816	2.845	1.030
0.8	0.4	T (°C)	0	0	0
0.8	0.6	T (°C)	0	0	0
0.8	0.8	T (°C)	0	0	0

за



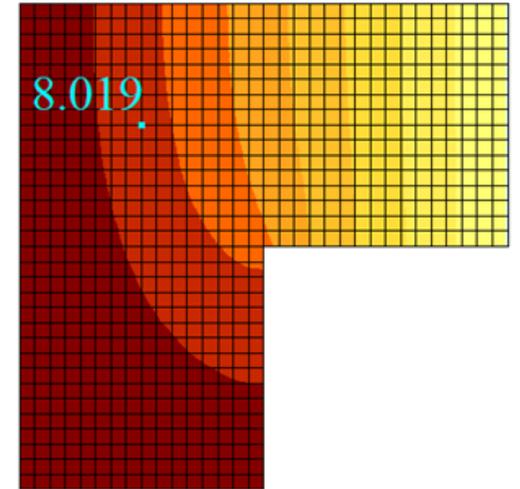
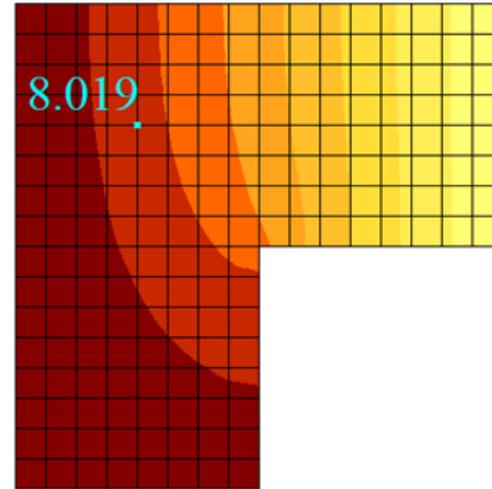
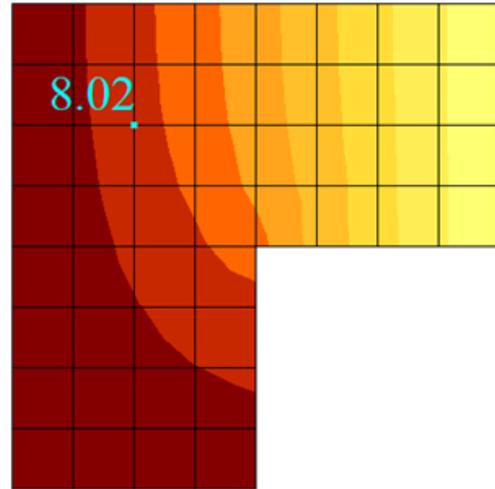
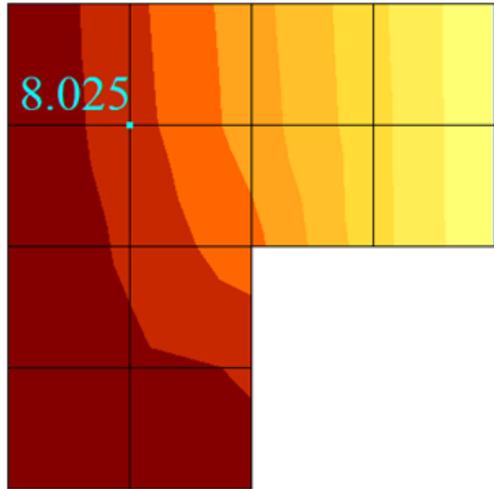
and
NAC

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності

x(м)	z(м)	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
0.2	0	T (°C)	9.316	9.294	0.236
0.2	0.2	T (°C)	9.001	9.015	0.156
0.2	0.4	T (°C)	8.514	8.505	0.106
0.2	0.6	T (°C)	8.018	8.025	0.087
0.2	0.8	T (°C)	7.869	7.861	0.102



1.Завантаження 1
Ізополя температур
Одиниці виміру - °C



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 2 Стаціонарна передача тепла в пластині (переріз кільце) за граничних умов першого роду (задана температура)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Джерело: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

Внутрішній радіус: $R_i=0.3\text{м}$
Зовнішній радіус: $R_e=0.35\text{м}$
Довжина: $l=1\text{м}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=1\text{Вт/м}^\circ\text{C}$

Граничні умови:

Внутрішній радіус циліндра:
задана температура $T_i=100^\circ\text{C}$.

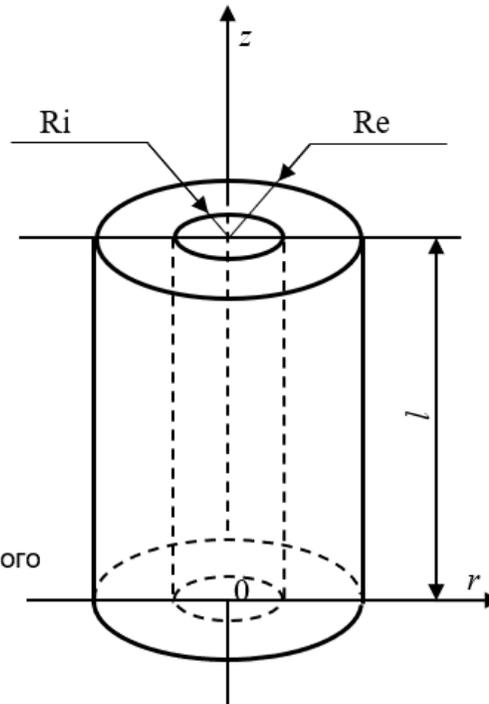
Зовнішній радіус циліндра:
задана температура $T_e=20,0^\circ\text{C}$.

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

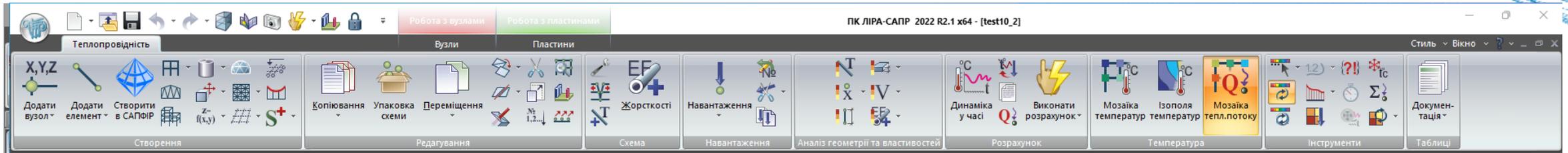
$$T(r) = T_i - \frac{\text{Log}(r/R_i)}{2\pi l \lambda} \phi$$
$$\phi = (T_i - T_e) / R_T$$
$$\phi = \phi / S$$

де, ϕ – тепловий потік ($1\text{Вт} = 1\text{Дж/с}$);

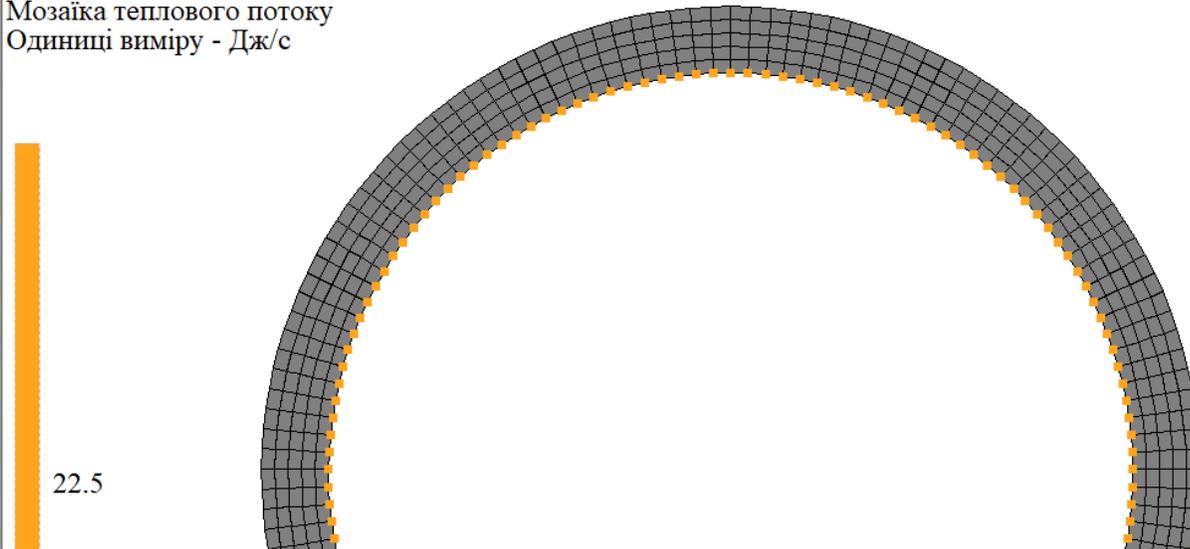
ϕ – щільність теплового потоку ($\text{Вт/м}^2 = 1\text{Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$).



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



1. Загруження 1
Мозаїка теплового потоку
Одиниці виміру - Дж/с



Сумування навантажень

Навантаження
 Тепловий потік
 Інерційні сили
 Ваги мас

Список вузлів: 1-145

Список елементів:

Вибір завантаження:
 Завантаження
 РСН

№ зава: 1

Одиниці: Дж/с

Сумарні навантаження			
	Об'ємні	Пластини	Стержні
Σ T			3261.6291
			3261.6291

Координати центрів сил:

Перекидаючий момент:

Контрольна точка A: []

Момент відносно A: []

Вказати курсором

Обчислити

Полярні моменти інерції мас:

I_{rx} [] Y_c [] Z_c []
 I_{ry} [] X_c [] Z_c []
 I_{rz} [] X_c [] Y_c []

Обчислити Обрахувати центри мас

R(м)	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
0.30	T (°C)	66.49	67.07	0.87
0.31	T (°C)	56.60	57.05	0.80
0.32	T (°C)	47.03	47.36	0.70
0.33	T (°C)	37.75	37.97	0.58
0.34	T (°C)	28.74	28.85	0.38
0.35	T (°C)	20.00	20	0
[0.3÷0.35]	$\frac{\Phi}{l} (W/m)^*$	3260.8	3261.63	0.025

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 3 Стаціонарна передача тепла в пластині (переріз кільце) при змішаних граничних умовах першого та третього роду (задана температура та конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Джерело: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

Внутрішній радіус: $R_i=0.3\text{м}$

Зовнішній радіус: $R_e=0.35\text{м}$

Довжина: $l=1\text{м}$.

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=1\text{Вт/м}^0\text{С}$

Граничні умови:

Внутрішній радіус циліндра:

коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h=30,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$,
задана температура на елементи конвекції $T_i^e=100^\circ\text{С}$.

Зовнішній радіус циліндра:

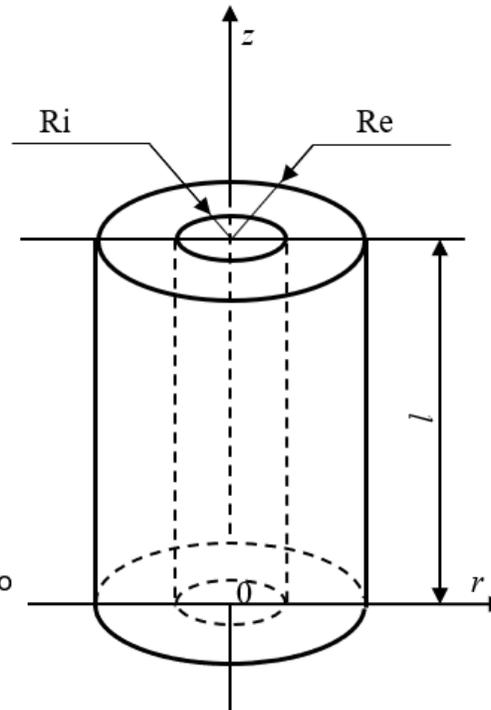
задана температура $T_e=20,0^\circ\text{С}$.

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

$$T(r) = T_i^e - \left(R_f + \frac{\text{Log}(r/R_i)}{2\pi l \lambda} \right) \phi$$
$$\phi = (T_i^e - T_e) / R_T$$
$$\varphi = \phi / S = h_i (T_i^e - T_i)$$

де, ϕ – тепловий потік ($1\text{Вт} = 1\text{ Дж/с}$),

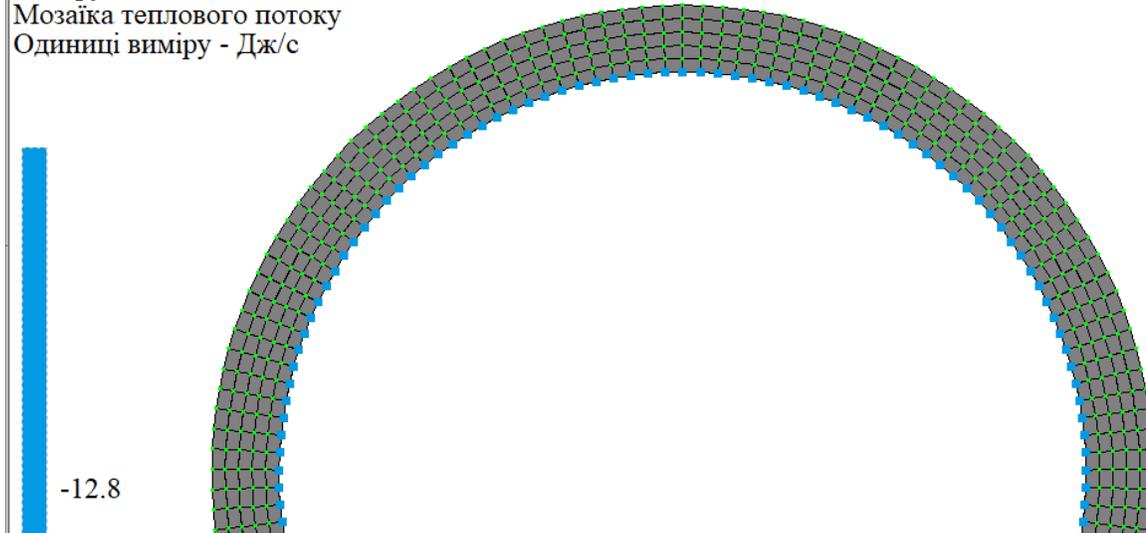
φ – щільність теплового потоку ($\text{Вт/м}^2 = 1\text{ Дж/(с} \cdot \text{м}^2)$)



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



1. Загружение 1
Мозаїка теплового потоку
Одиниці виміру - Дж/с



Сумування навантажень

Навантаження
 Тепловий потік
 Інерційні сили
 Ваги мас

Список вузлів: Усі | Список елементів: Усі

Вибір завантаження: Завантаження | № зава: 1 | Одиниці: Дж/с

Сумарні навантаження					
	Об'єми	Пластини	Стержні	Вузли	Усього
Σ T				-1862.303	-1862.303

Координати центрів сил

Перекидаючий момент

Контрольна точка A | Момент відносно A

Вказати курсором | Обчислити

Полярні моменти інерції мас

I_{px} | I_{py} | I_{pz} | Y_c | X_c | X_c | Y_c | Z_c | Z_c

Обчислити | Обрахувати центри мас

R(м)	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
0.30	T (°C)	66.49	67.07	0.87
0.31	T (°C)	56.60	57.05	0.80
0.32	T (°C)	47.03	47.36	0.70
0.33	T (°C)	37.75	37.97	0.58
0.34	T (°C)	28.74	28.85	0.38
0.35	T (°C)	20.00	20	0
[0.3÷0.35]	$\frac{\Phi}{1}$ (W/m)*	1894.94	1862.30	1.72

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 4 Стаціонарне поширення тепла в пластині (переріз кільце) за граничних умов третього роду (конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Джерело: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

Внутрішній радіус: $R_i=0.3\text{м}$
Зовнішній радіус: $R_e=0.391\text{м}$
Довжина: l

Характеристики матеріалів:

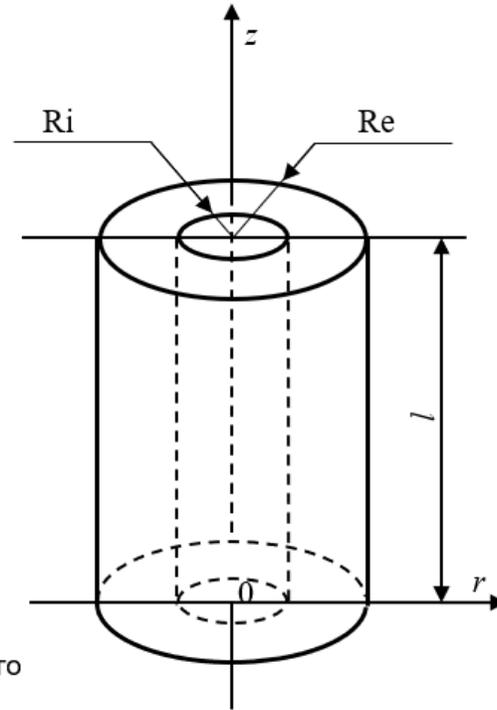
Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=40\text{Вт/м}^0\text{С}$

Граничні умови:

Внутрішній радіус циліндра:
коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_i=150,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$,
задана температура на елементи конвекції $T_i^e=500^\circ\text{С}$.

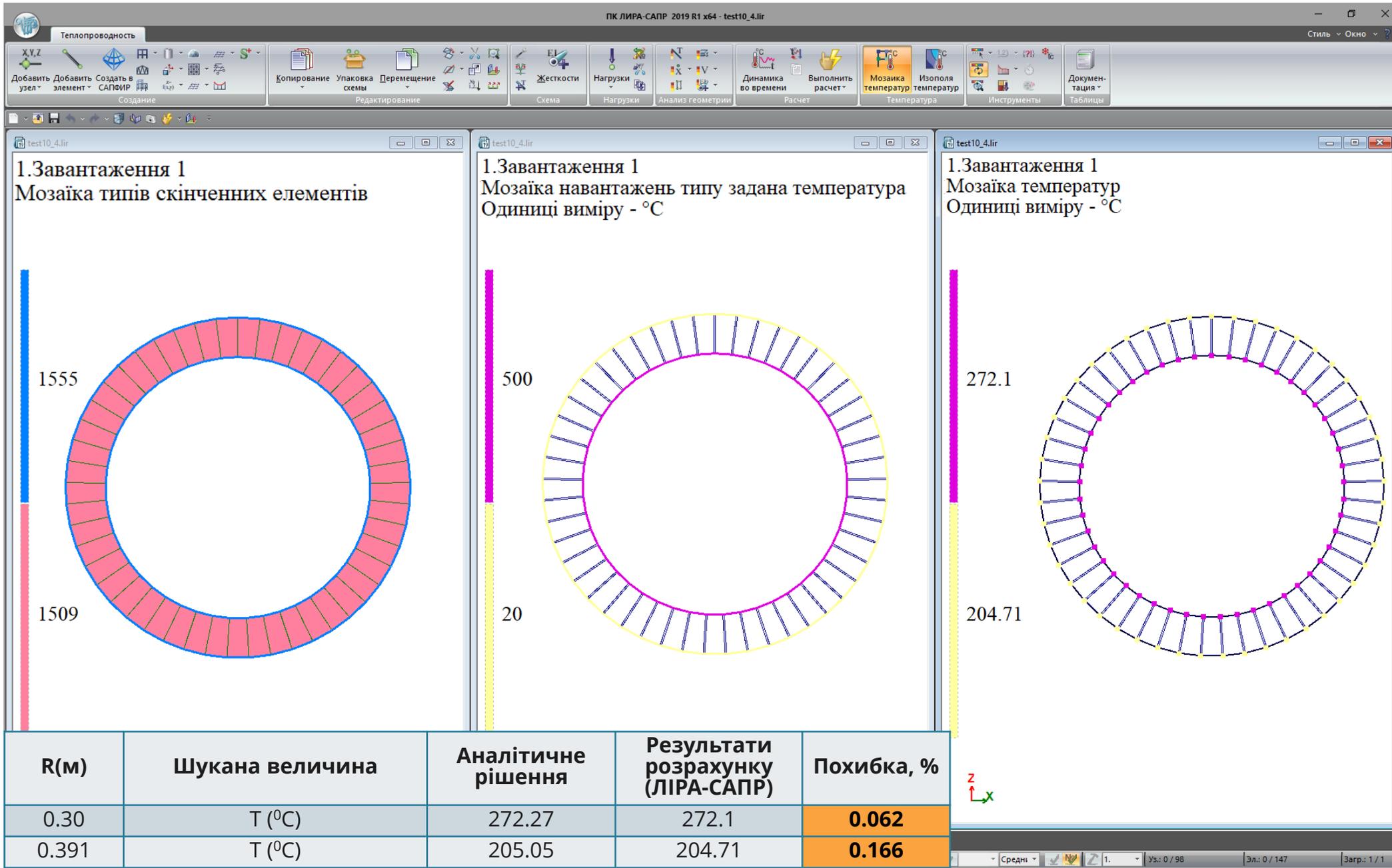
Зовнішній радіус циліндра:
коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_e=142,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$,
задана температура на елементи конвекції $T_e^e=20^\circ\text{С}$.

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:



$$T(r) = T_i^e - \left(R_f + \frac{\text{Log}(r/R_i)}{2\pi l \lambda} \right) \phi$$
$$\phi = (T_i^e - T_e^e) / R_T$$

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 5 Стаціонарна передача тепла в стержні за граничних умов першого роду (задана температура)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Аналітичне рішення: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

$L=0.05\text{m}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=0.75\text{Вт/м}^{\circ}\text{C}$

Граничні умови:

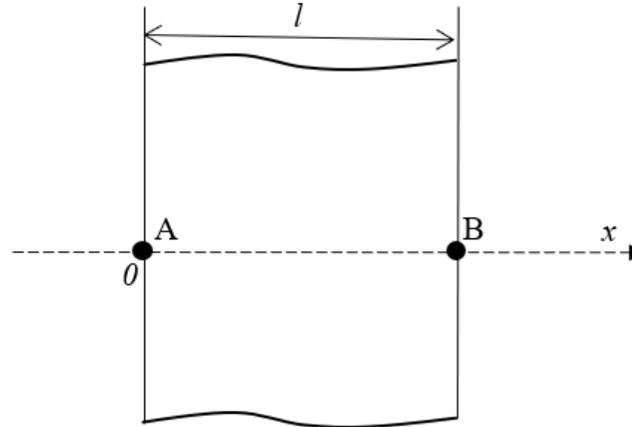
Задана температура на кінцях А і Б:

Кінець т. А: задана температура $T_A=100,0^{\circ}\text{C}$,

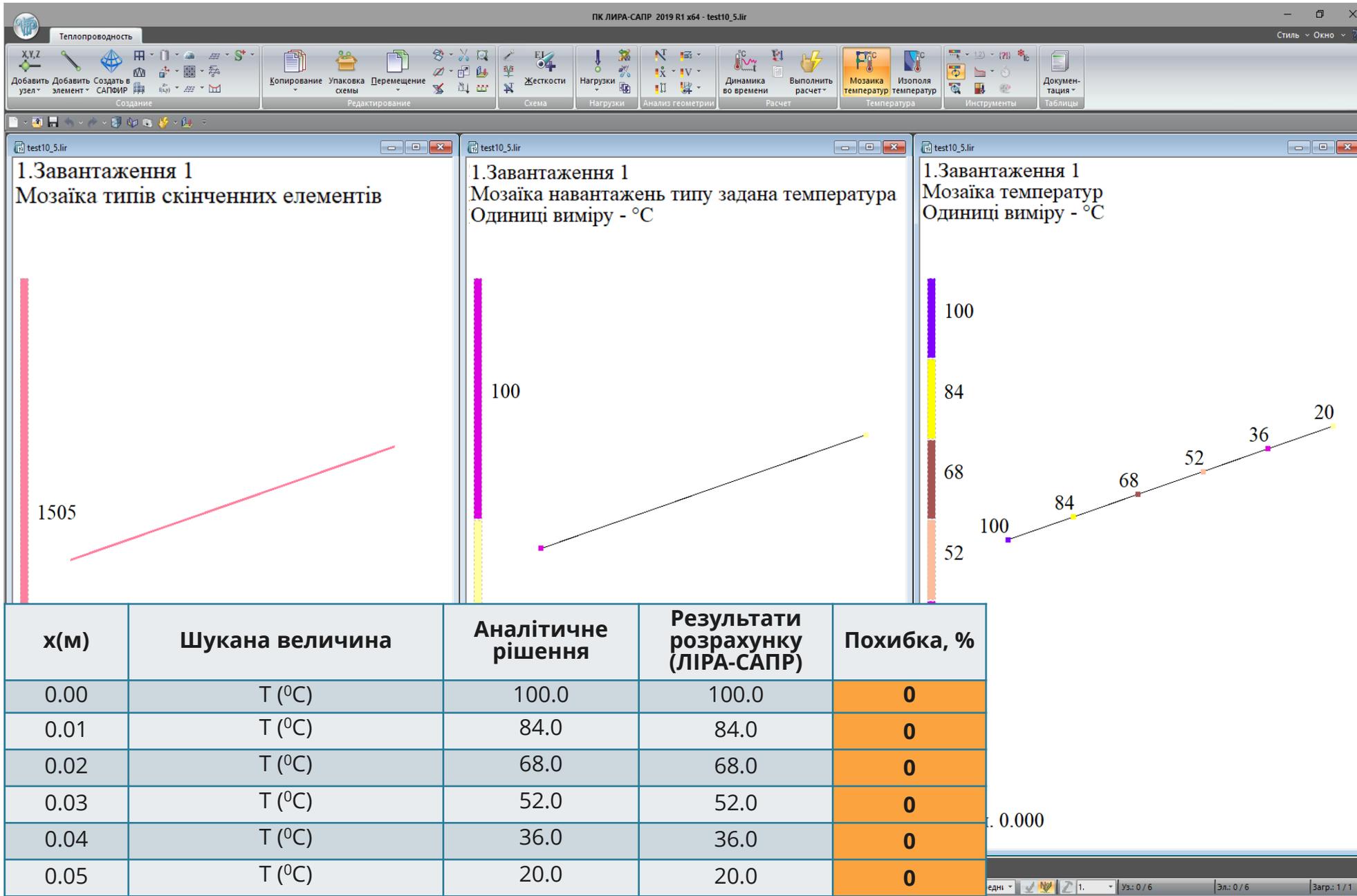
Кінець т. В: задана температура $T_B=20,0^{\circ}\text{C}$,

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

$$T(x) = T_A - \frac{x}{\lambda S} \phi$$
$$\phi = (T_A - T_B) / R_T$$



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 6 Стаціонарна передача тепла в стержні при змішаних граничних умовах першого та третього роду (задана температура та конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Аналітичне рішення: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

$L=0.05\text{m}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=0.75\text{Вт/м}^0\text{C}$

Граничні умови:

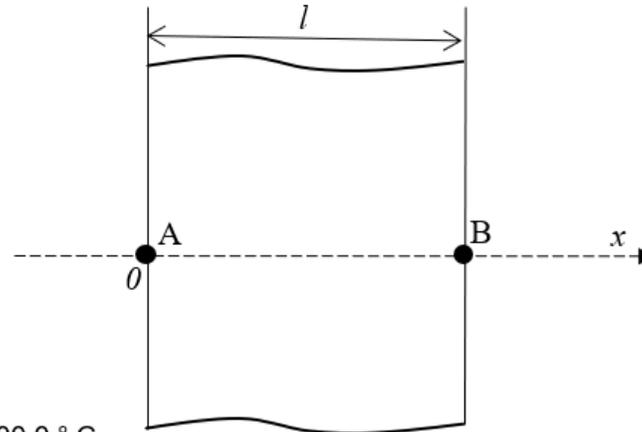
Кінець т. А: задана температура на елементи конвекції $T_A^e=100,0\text{ }^\circ\text{C}$, коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_A=30,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{C}$.

Кінець т. В: задана температура $T_B=20,0\text{ }^\circ\text{C}$,

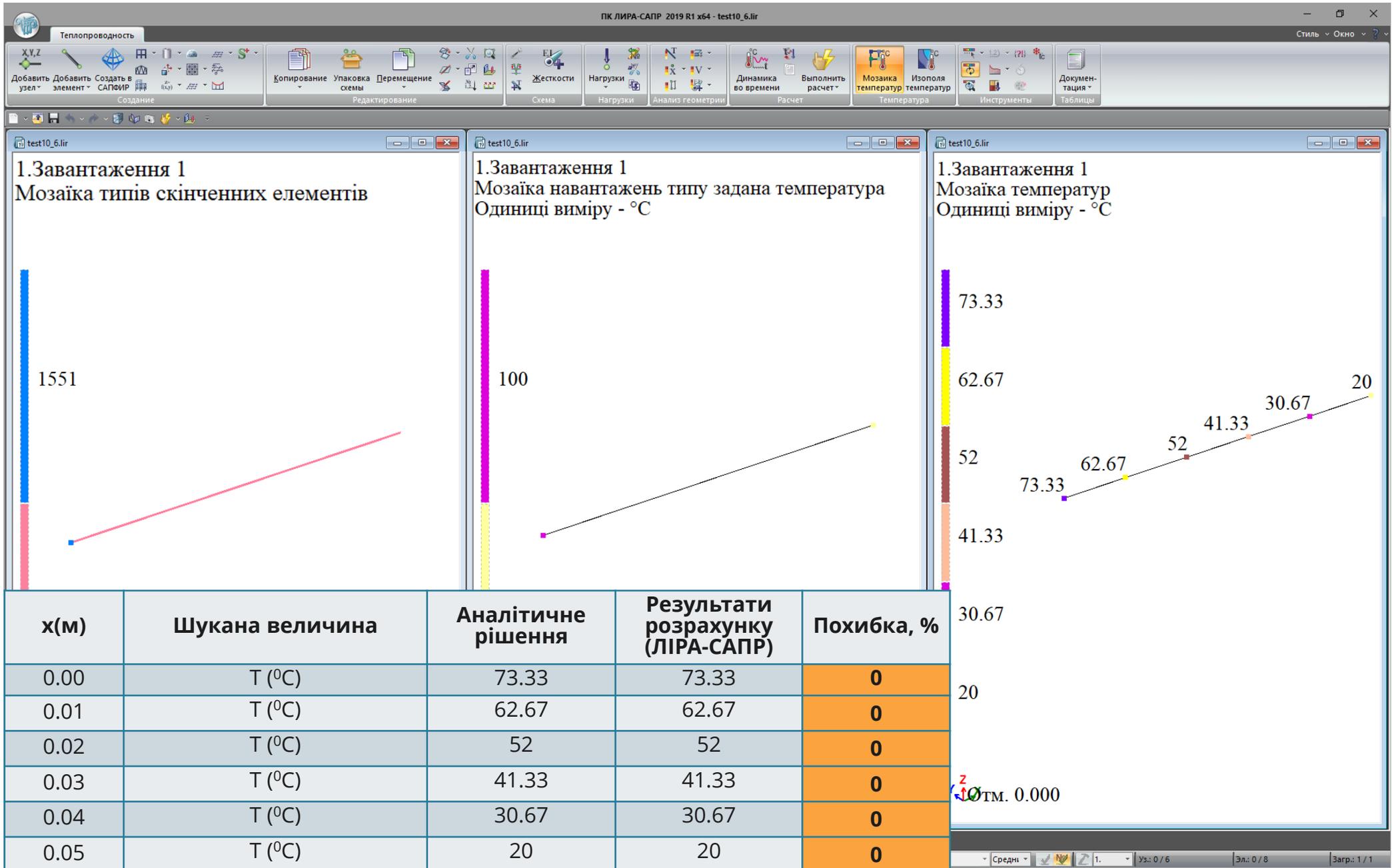
Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

$$T(x) = T_A^e - (R_f + \frac{x}{\lambda S})\phi$$

$$\phi = (T_A^e - T_B^e)/R_T$$



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 7 Стаціонарна передача тепла в стержні за граничних умов третього роду (конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Аналітичне рішення: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

$L=0.4733\text{m}$

Площа перерізу стержня: $S=1\text{m}^2$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=1\text{Вт/м}^0\text{C}$

Граничні умови:

Конвекція на кінцях А і Б:

Кінець т. А: задана температура на елементи конвекції $T_A^e = -20,0 \text{ }^\circ\text{C}$,
коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_A=20,0 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

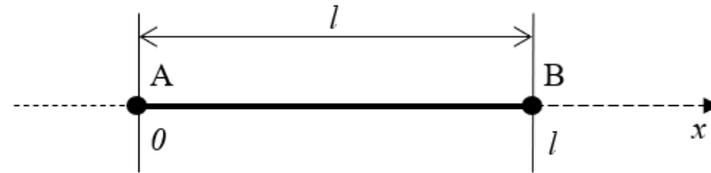
Кінець т. В: задана температура на елементи конвекції $T_B^e = 500,0 \text{ }^\circ\text{C}$,
коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_B = 10,0 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$,

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

$$T(x) = T_A^e - \left(R_f + \frac{x}{\lambda S}\right)\phi$$
$$\phi = \frac{(T_A^e - T_B^e)/R_T}{\phi = \phi/S = h_A(T_A^e - T_A) = h_B(T_A - T_B^e)}$$

де, ϕ – тепловий потік ($1\text{Вт} = 1 \text{ Дж/с}$);

ϕ – щільність теплового потоку ($\text{Вт/м}^2 = 1 \text{ Дж/(с} \cdot \text{м}^2)$).



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



1. Загружение 1
 Мозаїка теплового потоку
 Одиниці виміру - Дж/с



Відм. 0.000

Точка	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
A	$T_A(^{\circ}\text{C})$	21.71	21.71	0
B	$T_B(^{\circ}\text{C})$	416.58	416.57	0.0024
[A÷C]	$\varphi (\text{W}/\text{m}^2)^*$	834.20	834.27	0.0084

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 8 Стаціонарна передача тепла в неоднорідному стержні за граничних умов третього роду (конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

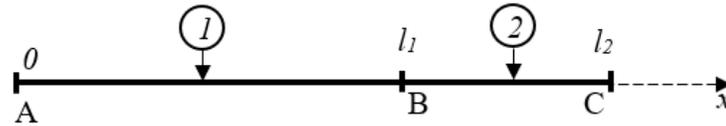
Аналітичне рішення: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

Стержень АВ: $l_1=0.05\text{m}$

Стержень ВС: $l_2=0.02\text{m}$

Площа перерізу стрижня: $S=1\text{m}^2$



Характеристики матеріалів:

Стержень АВ: $\lambda_1=0.75\text{ Вт/м}^0\text{С}$

Стержень ВС: $\lambda_2=1\text{ Вт/м}^0\text{С}$

Граничні умови:

Конвекція на кінцях А і В:

Кінець т. А: задана температура на елементи конвекції $T_A^e = -20,0\text{ }^\circ\text{С}$, коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_A=20,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$.

Кінець т. В: задана температура на елементи конвекції $T_C^e = 193,0\text{ }^\circ\text{С}$, коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_c = 10,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$,

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

Стержень 1:

$$T(x) = T_A^e - \left(R_f + \frac{x}{\lambda_1 S}\right)\phi$$

Стержень 2:

$$T(x) = T_A^e - \left(R_f + \frac{l_1}{\lambda_1 S} + R_f + \frac{x - l_1}{\lambda_2 S}\right)\phi$$

$$\phi = \frac{(T_A^e - T_C^e)/R_T}{1}$$
$$\varphi = \phi/S = h_A(T_A^e - T_A) = h_c(T_C - T_C^e)$$

де, ϕ – тепловий потік ($1\text{Вт} = 1\text{ Дж/с}$);

φ – щільність теплового потоку ($\text{Вт/м}^2 = 1\text{ Дж/(с}\cdot\text{ м}^2)$).

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



1. Загружение 1
 Мозаїка теплового потоку
 Одиниці виміру - Дж/с



Точка	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
A	$T_A(^{\circ}\text{C})$	25	25	0
B	$T_B(^{\circ}\text{C})$	85	85	0
C	$T_C(^{\circ}\text{C})$	103	103	0
[A÷C]	$\varphi (\text{W}/\text{m}^2)^*$	900	900	0

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 9 Стаціонарна передача тепла по радіусу порожнистої кулі за граничних умов першого роду (задана температура)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Джерело: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

$R_i = 0.3\text{м}$
 $R_e = 0.35\text{м}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_1 = 1 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$

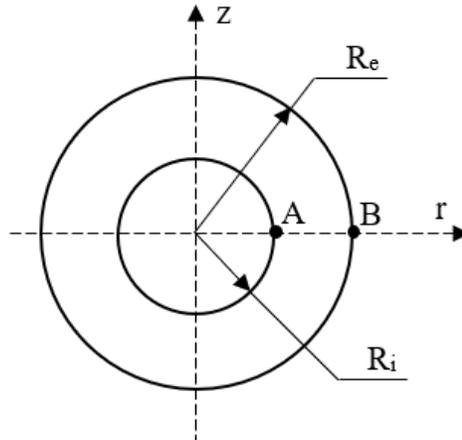
Граничні умови:

Внутрішній радіус сфери:
задана температура $T_i = 100^\circ\text{С}$.

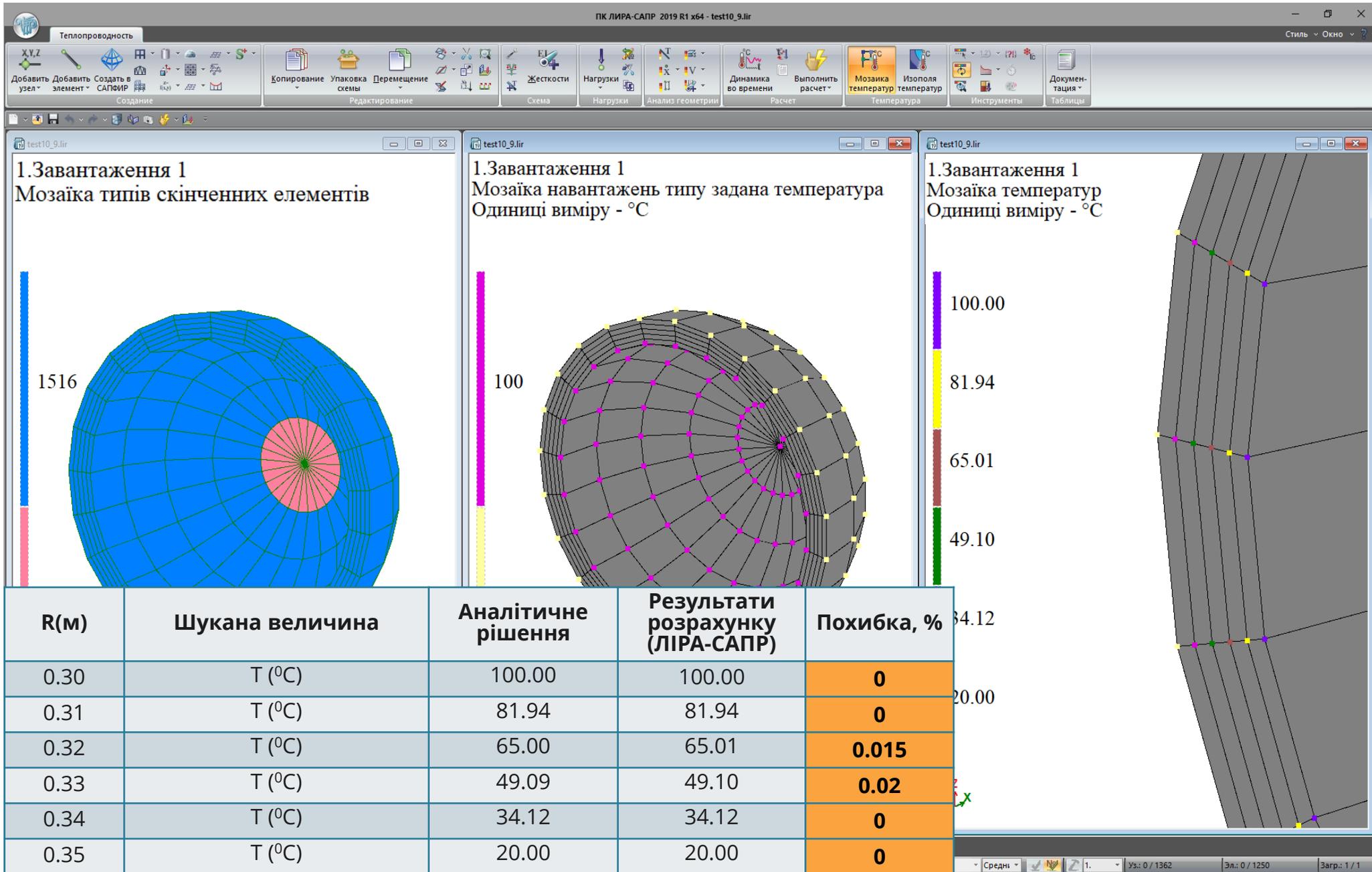
Зовнішній радіус сфери:
задана температура $T_e = 20^\circ\text{С}$.

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

$$T(r) = T_i - \frac{1}{4\pi\lambda_1} \left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{r} \right) \phi$$
$$\phi = (T_i - T_e) / R_T$$



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 10 Стаціонарна передача тепла по радіусу порожнистої кулі за змішаними граничними умовами першого та третього роду (задана температура та конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Джерело: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

$R_i=0.3\text{м}$
 $R_e=0.35\text{м}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_1=1 \text{ Вт/м}^\circ \text{C}$

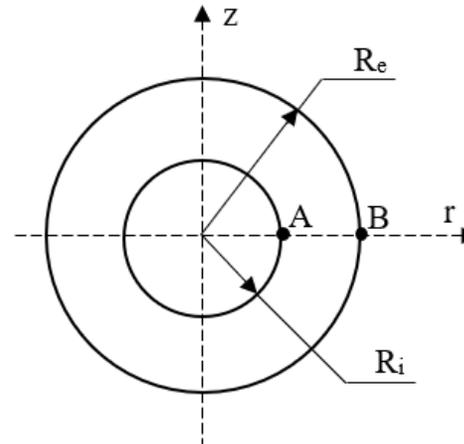
Граничні умови:

Внутрішній радіус сфери:
коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_i=30,0 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ \text{C}$,
задана температура на елементи конвекції $T_i^e=100^\circ\text{C}$.

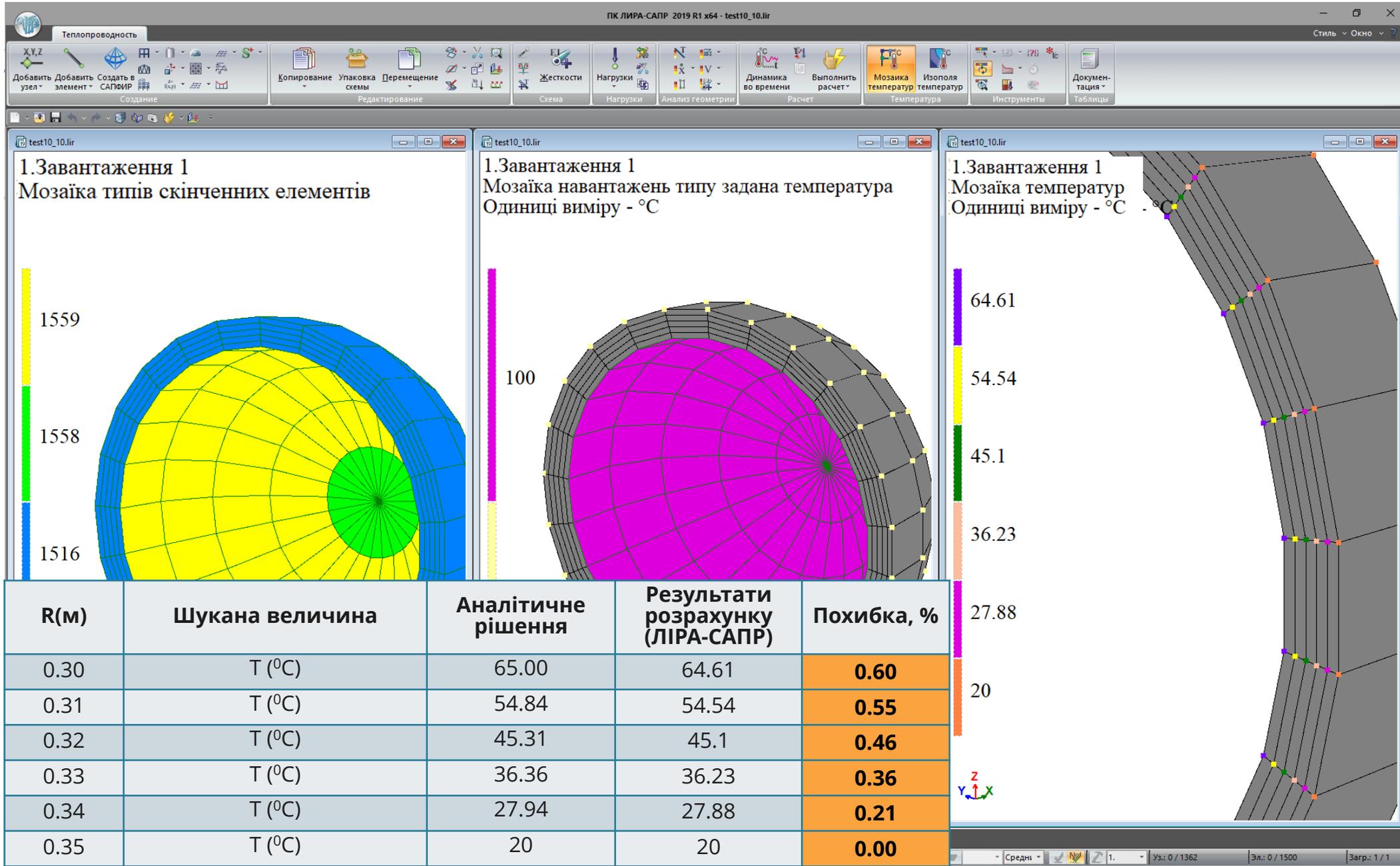
Зовнішній радіус сфери:
задана температура $T_e=20^\circ\text{C}$.

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

$$T(r) = T_i^e - (R_f - \frac{1}{4\pi\lambda_1}(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{r}))\phi$$
$$\phi = (T_i^e - T_e^e)/R_T$$



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

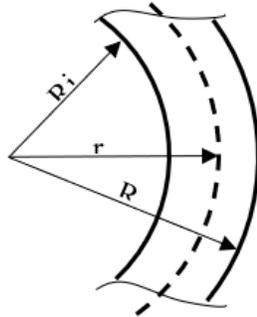
Тест 11 Стаціонарна передача тепла по радіусу порожнистої кулі за граничних умов третього роду (конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Джерело: Société Française des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

$R_i=0.3\text{м}$
 $R_e=0.392\text{м}$



Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=40 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

Граничні умови:

Внутрішній радіус сфери:

коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_i=150,0 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$,
задана температура на елементи конвекції $T_i^e=500\text{°C}$.

Зовнішній радіус сфери:

коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_e=133,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$,
задана температура на елементи конвекції $T_e^e=20\text{°C}$.

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

$$T(r) = T_i^e - (R_f - \frac{1}{4\pi\lambda_1} (\frac{1}{R_i} - \frac{1}{r}))\phi$$
$$\phi = (T_i^e - T_e^e)/R_T$$
$$\varphi = \phi/S = h_i (T_i^e - T_i) = h_e (T_e - T_e^e)$$

де, ϕ – тепловий потік ($1\text{Вт} = 1 \text{ Дж/с}$);

φ – щільність теплового потоку ($\text{Вт/м}^2 = 1 \text{ Дж/(с} \cdot \text{м}^2)$).

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



1. Загруження 1
Мозаїка теплового потоку
Одиниці виміру - Дж/с

Сумування навантажень

Навантаження
 Тепловий потік
 Інерційні сили
 Ваги мас

Список вузлів: Усі

Список елементів: Усі

Вибір завантаження:
 Завантаження № зава 1
 РСН

Одиниці: Дж/с

Сумарні навантаження					
	Об'єми	Пластини	Стержні	Вузли	Усього
Σ T				41 731.62	41 731.62

Координати центрів сил

Перекидаючий момент

Контрольна точка A

Момент відносно A

Вказати курсором

Обчислити

Полярні моменти інерції мас

I_{px} Y_c Z_c
 I_{py} X_c Z_c
 I_{pz} X_c Y_c

Обчислити Обрахувати центри мас

R(м)	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
0.30	T _i (°C)	250.28	249.6	0.27
0.392	T _e (°C)	184.34	184.9	0.30
[0.30÷0.392]	φ (W)*	42364.87	41731.62	1.49

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 12 Стаціонарне поширення тепла по радіусу неоднорідної порожнистої кулі за граничних умов третього роду (конвекція)

Тип аналізу: стаціонарний термічний.

Джерело: Société Bancaire des Mécaniciens, Commission Validation des progiciels de calcul de Structures, groupe de travail Thermique (2D et 3D) et thermoélasticité, Pan's, 1989.

Геометрія:

$R_i=0.3\text{м}$
 $R_m=0.35\text{м}$
 $R_e=0.37\text{м}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_1=40\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$
Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_2=20\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Граничні умови:

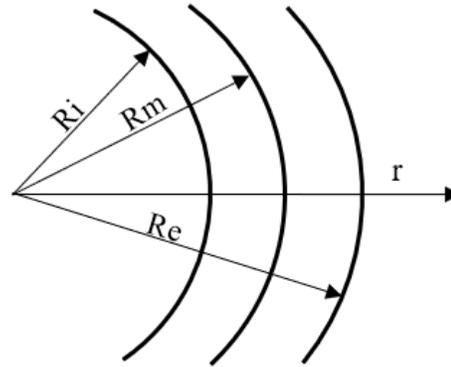
Внутрішній радіус сфери:

коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_i=150,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$,
задана температура на елементи конвекції $T_i^e=70^\circ\text{С}$.

Зовнішній радіус сфери:

коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_e=200,0\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$,
задана температура на елементи конвекції $T_e^e=-9^\circ\text{С}$.

Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:



1-й матеріал:

$$T(r) = T_i^e - (R_f + \frac{1}{4\pi\lambda_1} (\frac{1}{R_i} - \frac{1}{r}))\phi$$

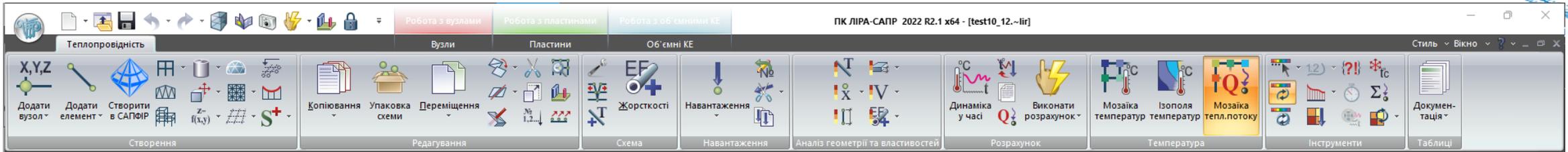
2-й матеріал:

$$T(r) = T_i^e - (R_f + \frac{1}{4\pi\lambda_1} (\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_m}) + \frac{1}{4\pi\lambda_2} (\frac{1}{R_m} - \frac{1}{r}))\phi$$
$$\phi = (T_i^e - T_e^e)/R_T$$
$$\phi = \phi/S = h_i(T_i^e - T_i) = h_e(T_e - T_e^e)$$

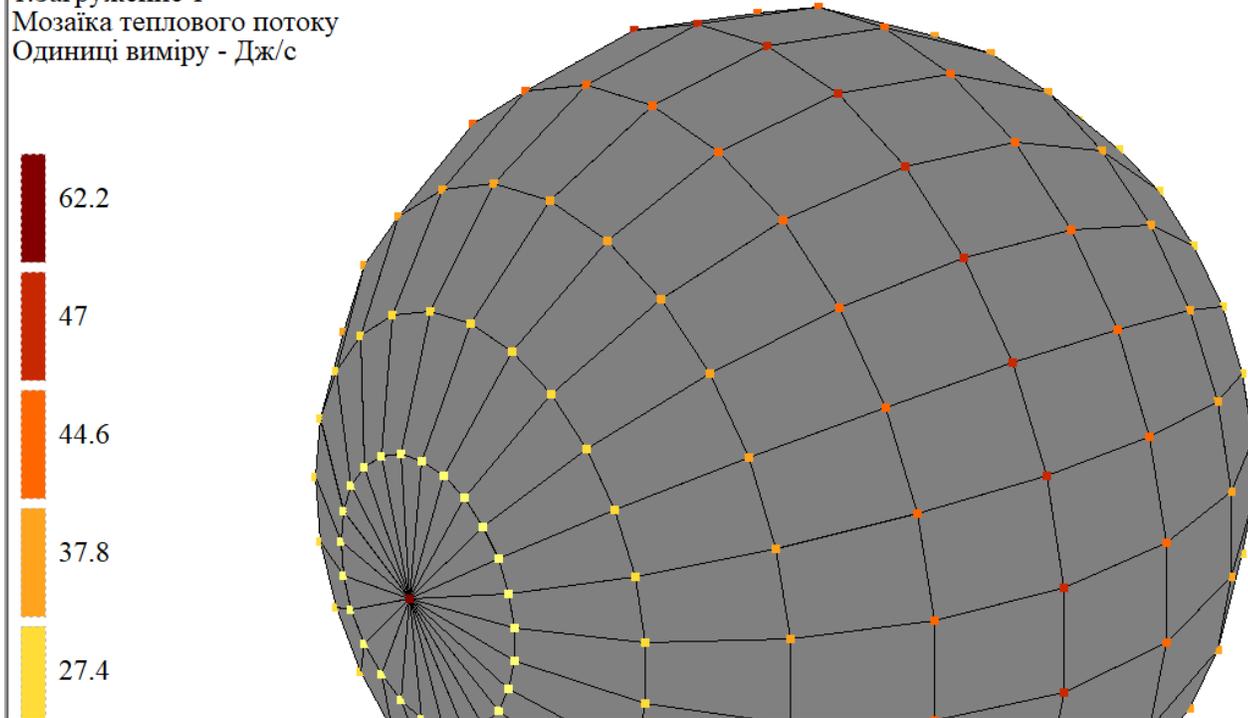
де, ϕ – тепловий потік ($1\text{Вт} = 1\text{Дж/с}$);

ϕ – щільність теплового потоку ($\text{Вт/м}^2 = 1\text{Дж}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$).

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



1. Загруження 1
Мозаїка теплового потоку
Одиниці виміру - Дж/с



Сумування навантажень

Навантаження
 Тепловий потік
 Інерційні сили
 Ваги мас

Список вузлів: Усі
Список елементів: Усі

Вибір завантаження:
 Завантаження № зава: 1
 РСН Одиниці: Дж/с

Сумарні навантаження				
	Об'єми	Пластини	Стержні	Усього
Σ T				7 511.429 / 7 511.429

Координати центрів сил

Перекидаючий момент

Контрольна точка А: []
Момент відносно А: []

Вказати курсором

Обчислити

Полярні моменти інерції мас

I_{px} [] Y_c [] Z_c []
 I_{py} [] X_c [] Z_c []
 I_{pz} [] X_c [] Y_c []

Обчислити Обрахувати центри мас

R(м)	Шукана величина	Аналітичне рішення	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
0.30	T _i (°C)	25.06	24.93	0.52
0.35	T _m (°C)	17.84	17.84	0.06
0.37	T _e (°C)	13.16	13.24	0.53
[0.30÷0.37]	φ (W)*	7623.36	7511.43	1.47

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 13 Нестаціонарна теплопровідність круглої пластини з граничними умовами конвекції та заданої температури

Тип аналізу: нестаціонарний термічний.

Джерело: W.H.McAdams, Transmission de la chaleur, Paris, Dunod, 1961.

Геометрія:

$D=0.2\text{м}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=48.822\text{ Вт/м }^\circ\text{C}$.

Питома теплоємність: $C_p=669\text{ Дж/кг }^\circ\text{C}$.

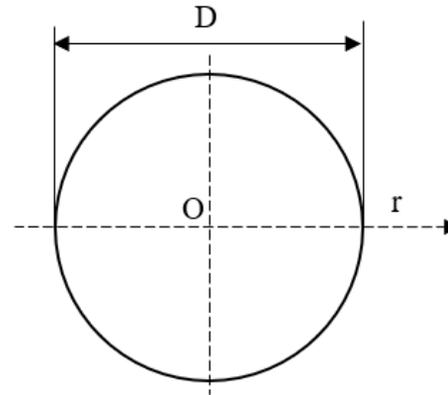
Питома вага: $\rho=7200\text{ кг/м}^3$.

Граничні умови:

коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_e=232,5\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{C}$,

Температура навколишнього середовища $T^e = 1000\text{ }^\circ\text{C}$.

Початкова температура: $T_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$.



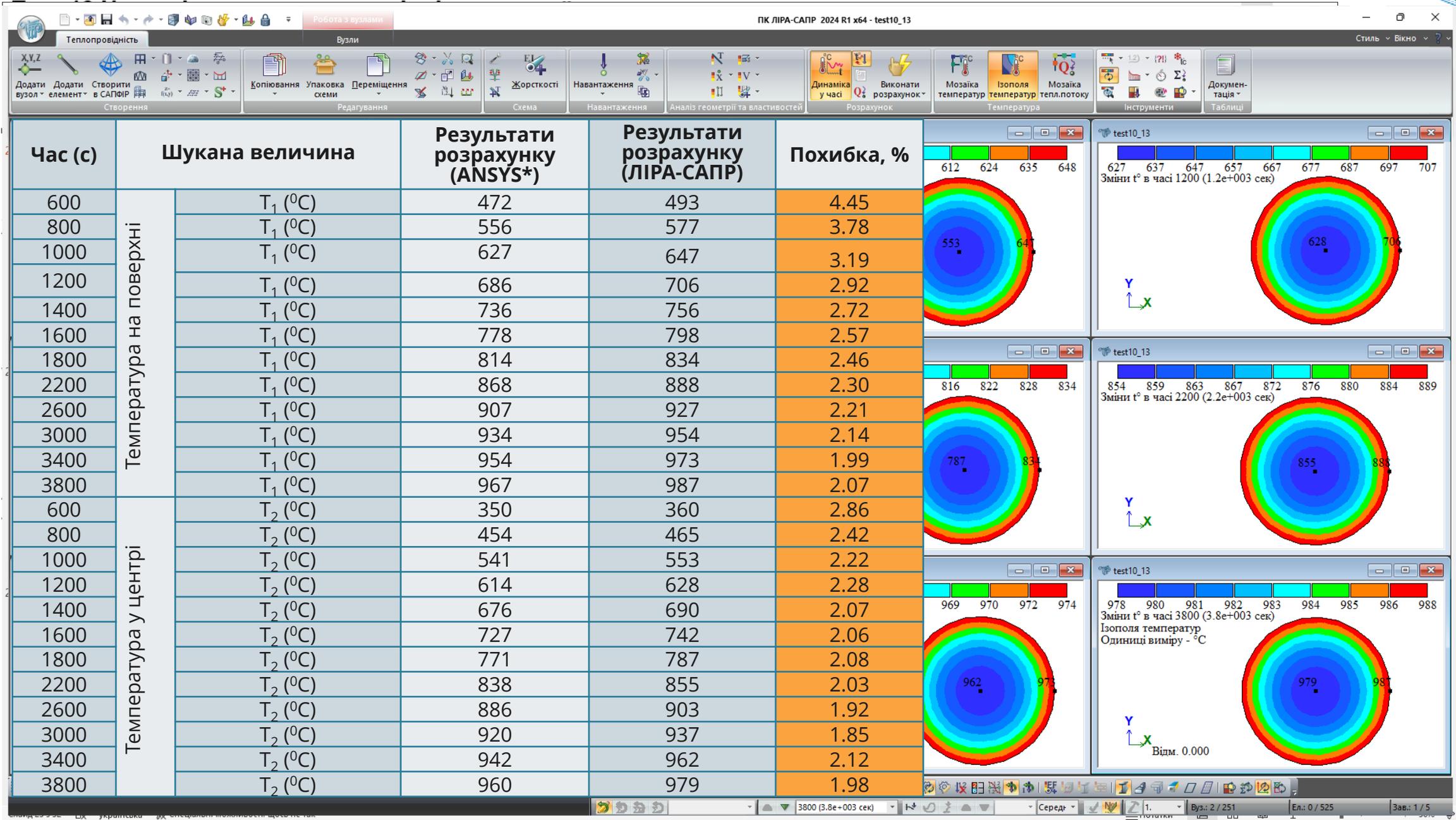
Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного

розв'язання задачі:

- розрахунок коефіцієнтів.

- значення за діаграмою Герні-Лур'є.

Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 14 Нестаціонарна теплопровідність сфери з граничними умовами конвекції та заданої температури

Тип аналізу: нестаціонарний термічний.

Джерело: W.H.McAdams, Transmission de la chaleur, Paris, Dunod, 1961.

Геометрія:

$D=0.2\text{м}$

Характеристики матеріалів:

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=48.822\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$

Питома теплоємність: $C_p=669\text{ Дж/кг}^\circ\text{С}$

Питома вага: $\rho=7200\text{ кг/м}^3$

Граничні умови:

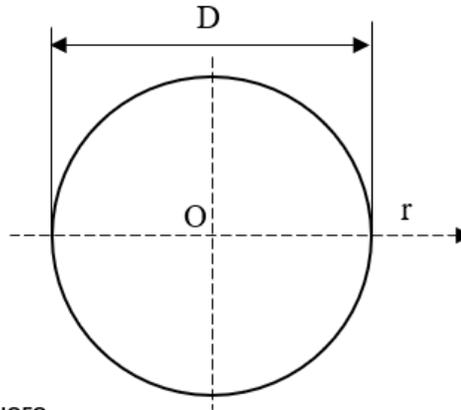
коефіцієнт конвективної тепловіддачі $h_e=232,5\text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$,

Температура навколишнього середовища: $T^e = 1000\text{ }^\circ\text{С}$.

Початкова температура: $T_0 = 20\text{ }^\circ\text{С}$.

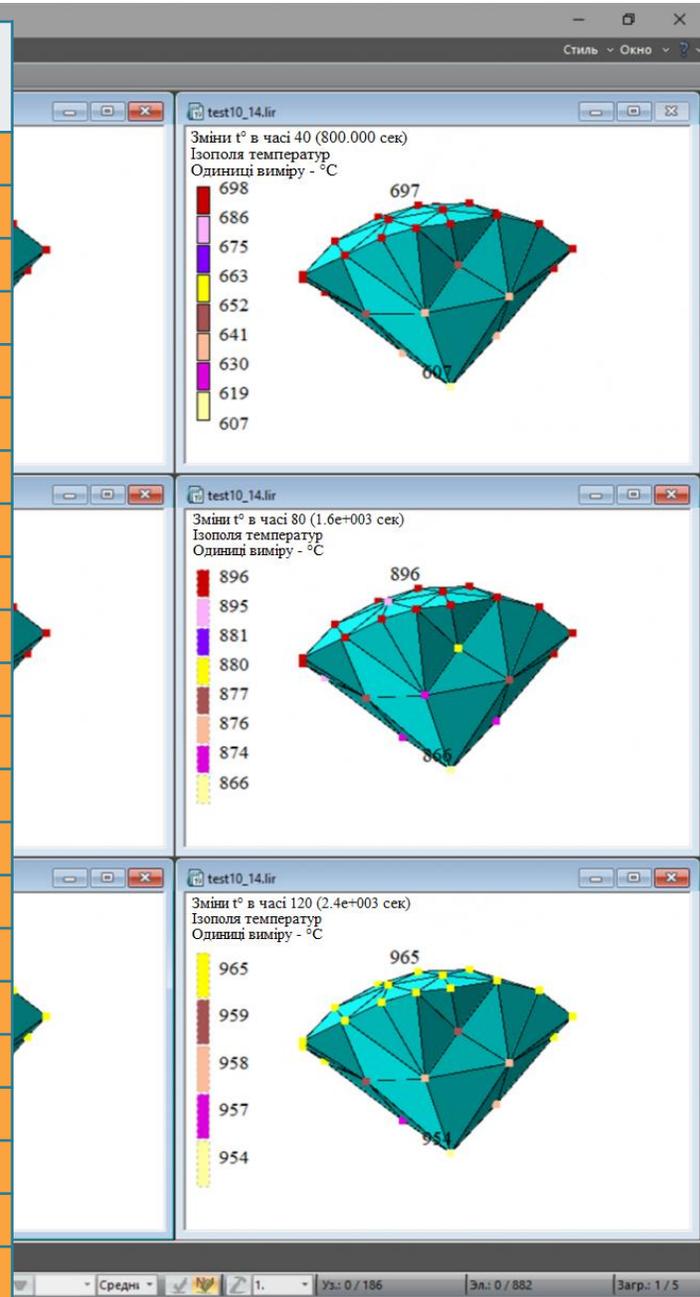
Метод розрахунку, який використовується для отримання еталонного розв'язання задачі:

- розрахунок коефіцієнтів.
- значення за діаграмою Герні-Лур'є.



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності

Час (с)	Шукана величина	Результати розрахунку	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %	
400	Температура на поверхні	T_1 (°C)	461	481	4.34
600		T_1 (°C)	608	604	0.66
800		T_1 (°C)	696	697	0.14
1000		T_1 (°C)	774	768	0.78
1200		T_1 (°C)	828	823	0.60
1400		T_1 (°C)	868	864	0.46
1600		T_1 (°C)	902	896	0.67
1800		T_1 (°C)	923	921	0.22
2000		T_1 (°C)	942	939	0.32
2200		T_1 (°C)	956	954	0.21
2400	T_1 (°C)	962	965	0.31	
400	Температура в центрі	T_2 (°C)	334	329	1.50
600		T_2 (°C)	500	487	2.60
800		T_2 (°C)	618	607	1.78
1000		T_2 (°C)	706	700	0.85
1200		T_2 (°C)	774	770	0.52
1400		T_2 (°C)	828	824	0.48
1600		T_2 (°C)	872	866	0.69
1800		T_2 (°C)	902	897	0.55
2000		T_2 (°C)	923	921	0.22
2200		T_2 (°C)	942	940	0.21
2400	T_2 (°C)	956	954	0.21	

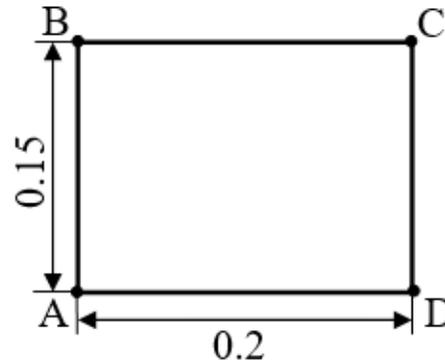


Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності

Тест 15 Стаціонарна передача тепла у пластині за граничних умов першого роду (задана температура) з урахуванням нелінійної теплопровідності

Тип аналізу: стаціонарний термічний з урахуванням зміни коефіцієнта теплопровідності від температури.

Геометрія:



Характеристики матеріалів:

Зміна коефіцієнта теплопровідності в залежності від температури:

T (°C)	0	250	800	1000
λ (Вт/м·°C)	51.9	46.9	24.8	26.9

Граничні умови:

Для сегменту AB: T=750°C

Для сегменту BC: T=900°C

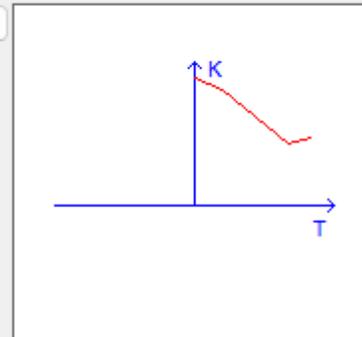
Для сегменту CD: T=400°C

Для сегменту AD: T=250°C

Параметри закону нелінійного деформування

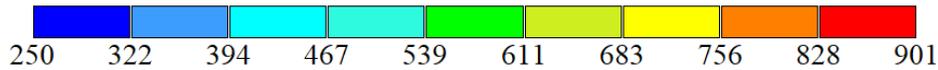
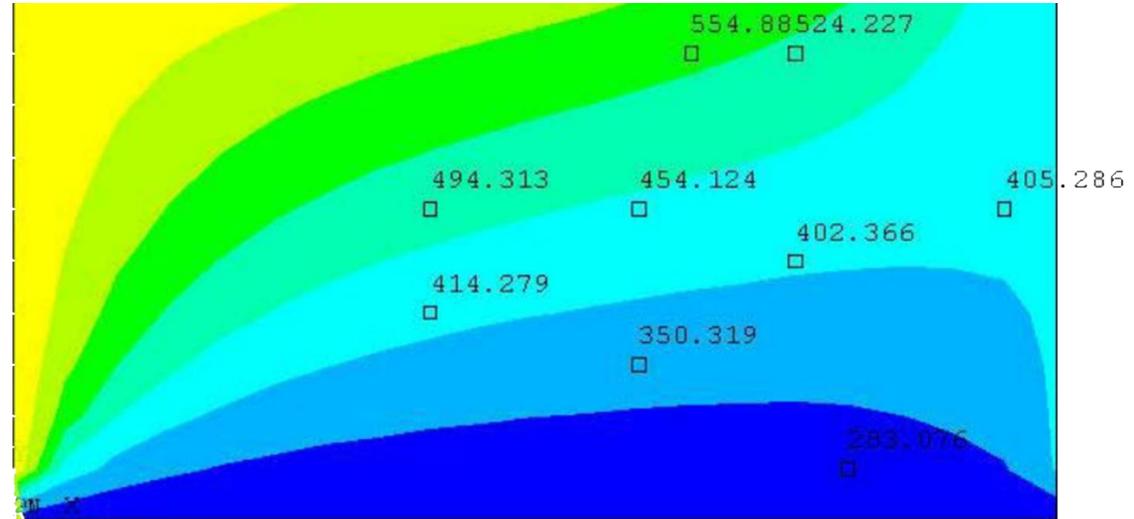
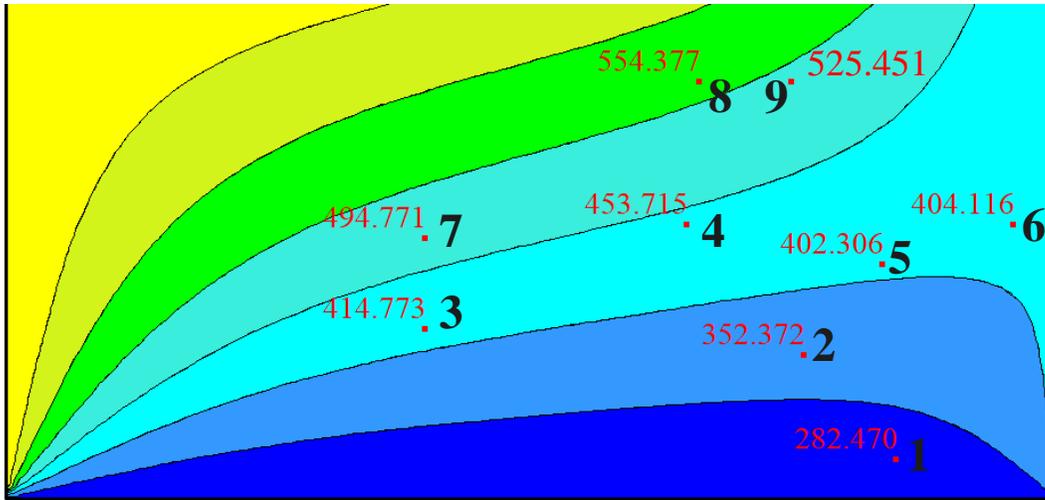
Температура	K
0	51.9
250	46.9
800	24.8
1000	26.9

Намалювати



Верифікаційні тести. Задачі стаціонарної та нестационарної теплопровідності

Ізополя температур
Одиниці виміру - °C



Точка	Шукана величина	Результати розрахунку (ANSYS*)	Результати розрахунку (ЛІРА-САПР)	Похибка, %
1	T(°C)	283.076	282.470	0.214
2	T(°C)	350.319	352.372	0.586
3	T(°C)	414.279	414.773	0.119
4	T(°C)	454.124	453.715	0.090
5	T(°C)	402.366	402.306	0.015
6	T(°C)	405.286	404.116	0.289
7	T(°C)	494.313	494.771	0.093
8	T(°C)	554.885	554.377	0.092
9	T(°C)	524.227	525.451	0.233

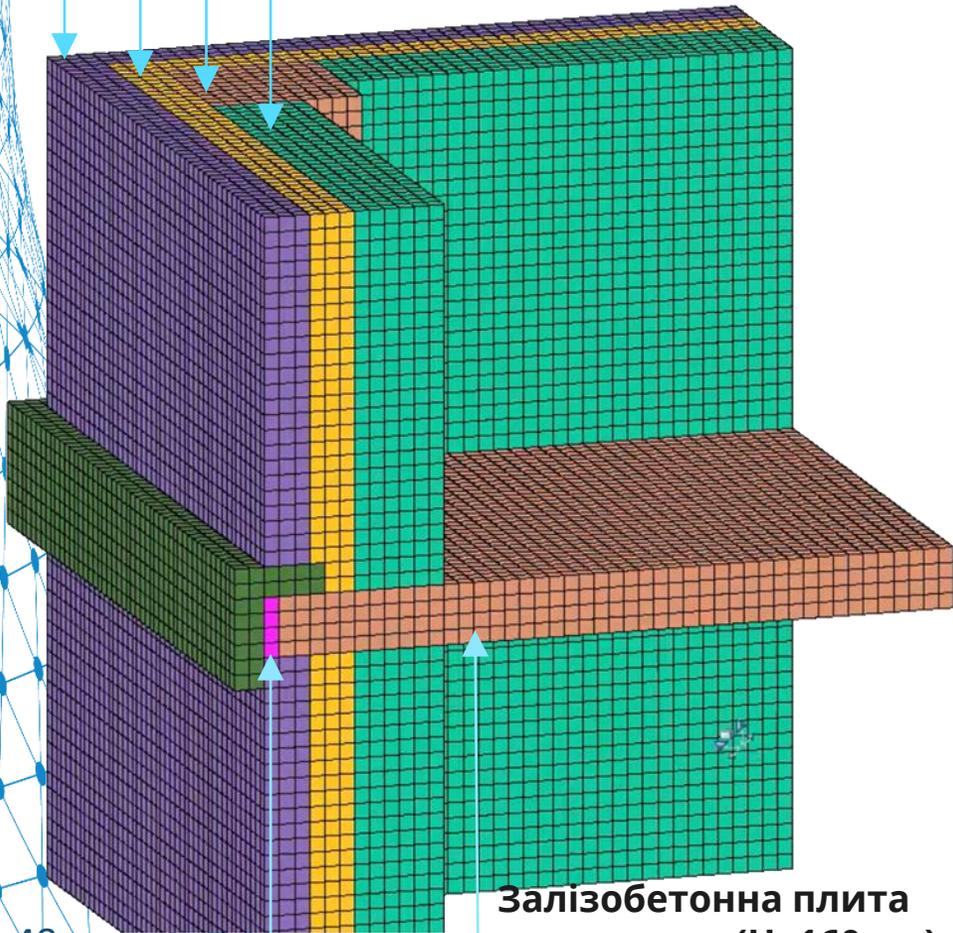
Розрахунок температурних полів вузла примикання зовнішніх стінових конструкцій до монолітної плити

Цегла облицювальна (t=160мм)

Пінополістирол (t=120мм)

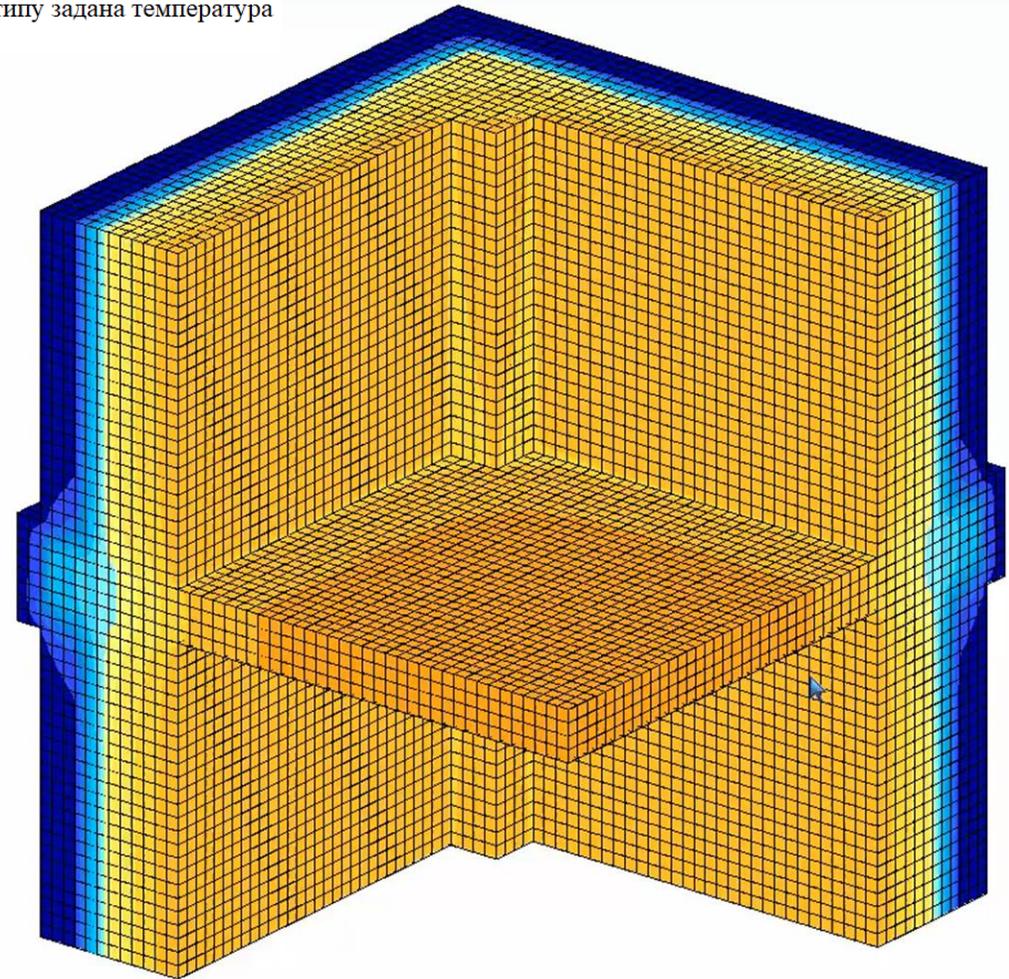
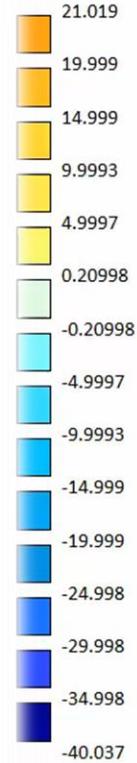
Залізобетонна колона

Газобетонні блоки (t=250мм)



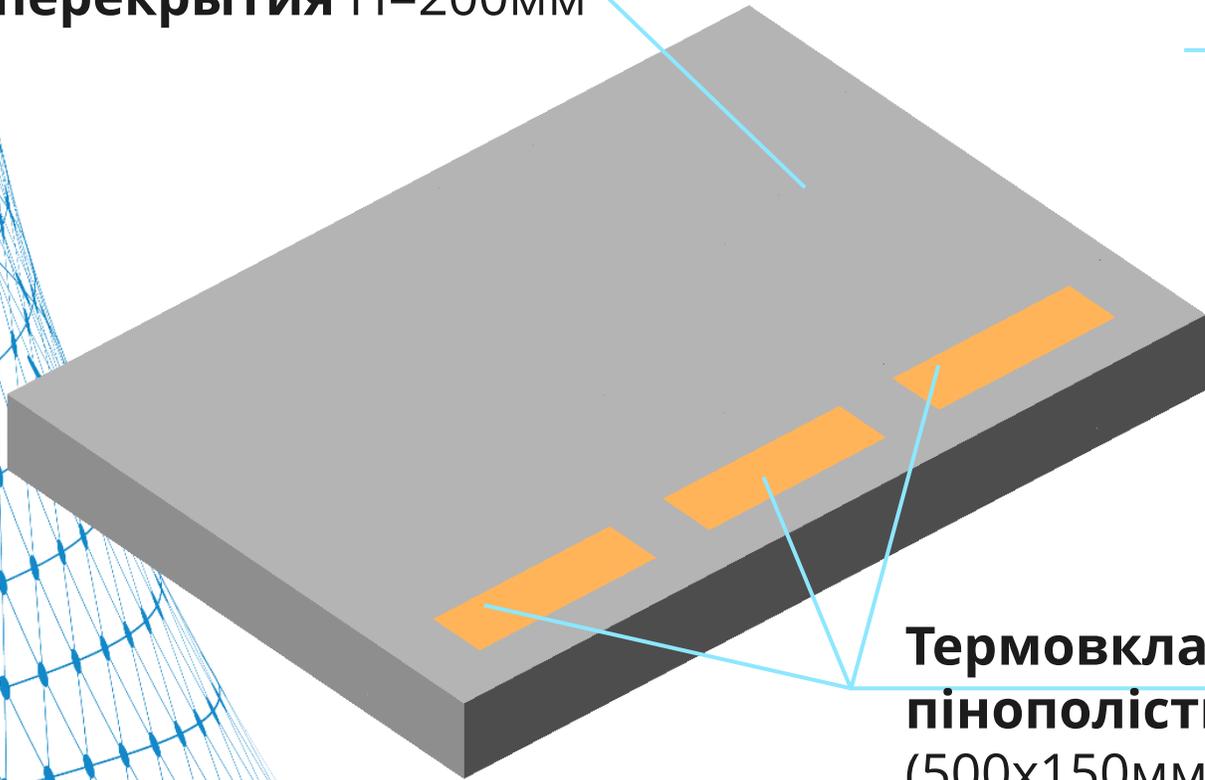
Залізобетонна плита
перекриття (H=160мм)
Теплоізоляція

1.Завантаження 1
Мозаїка навантажень типу задана температура
Одиниці виміру - °C



Розрахунок температурних полів вузла примикання зовнішніх стінових конструкцій до монолітної плити

**Залізобетонна плита
перекрыття Н=200мм**

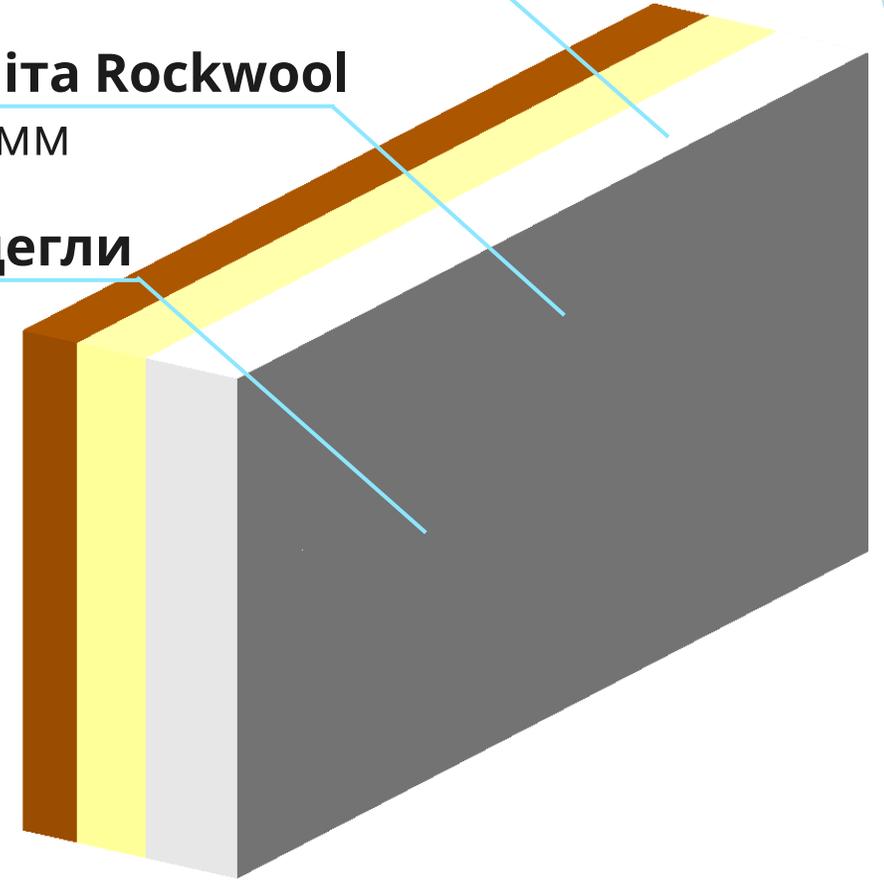


**Термовкладка з
пінополістиролу
(500x150мм)**

**Газобетонний
блок Н=200мм**

**Мінпліта Rockwool
Н=150мм**

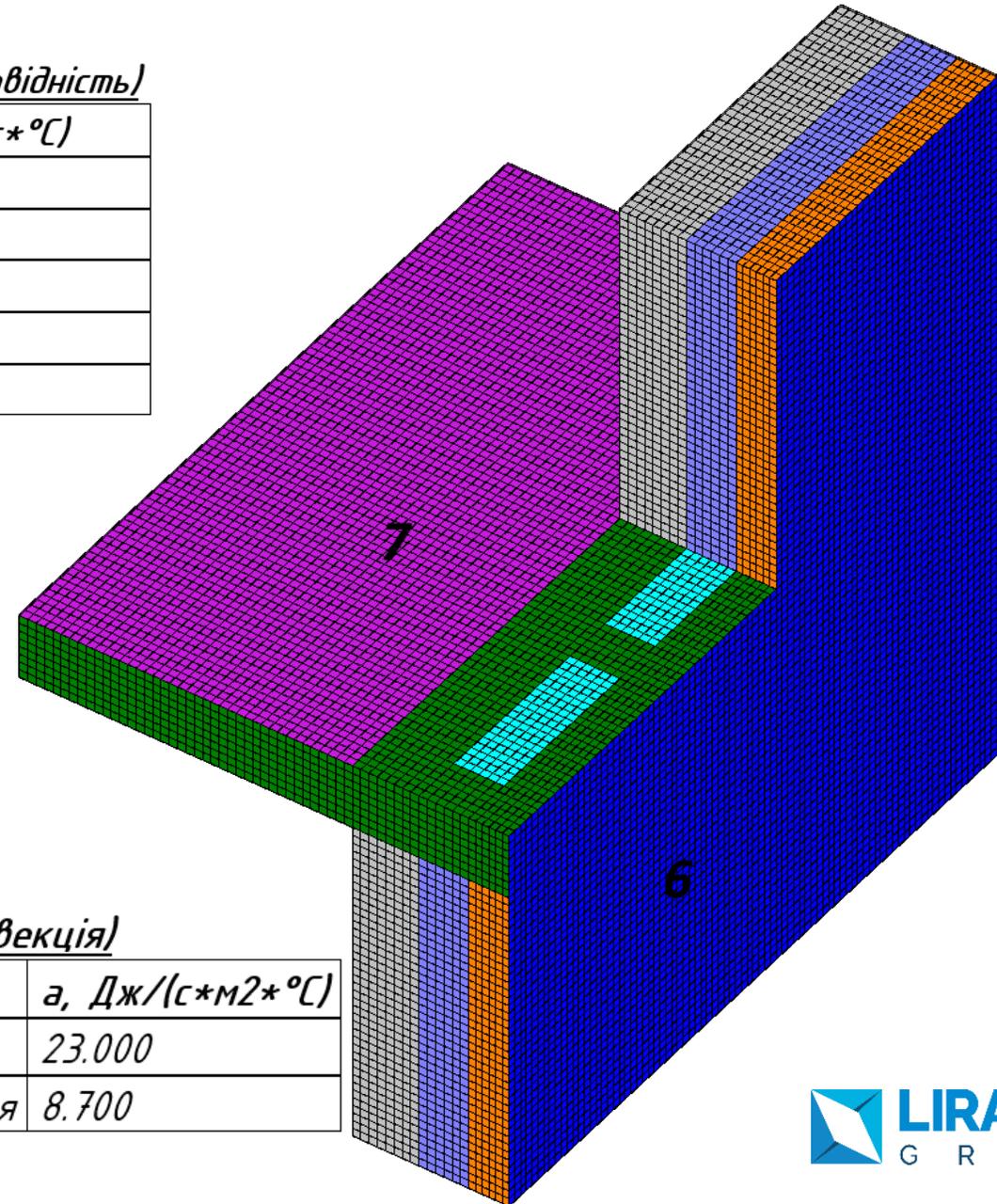
**Кладка із цегли
Н=120мм**



Розрахунок температурних полів вузла примикання зовнішніх стінових конструкцій до монолітної плити

Жорсткісні характеристики. Об'ємні елементи (теплопровідність)

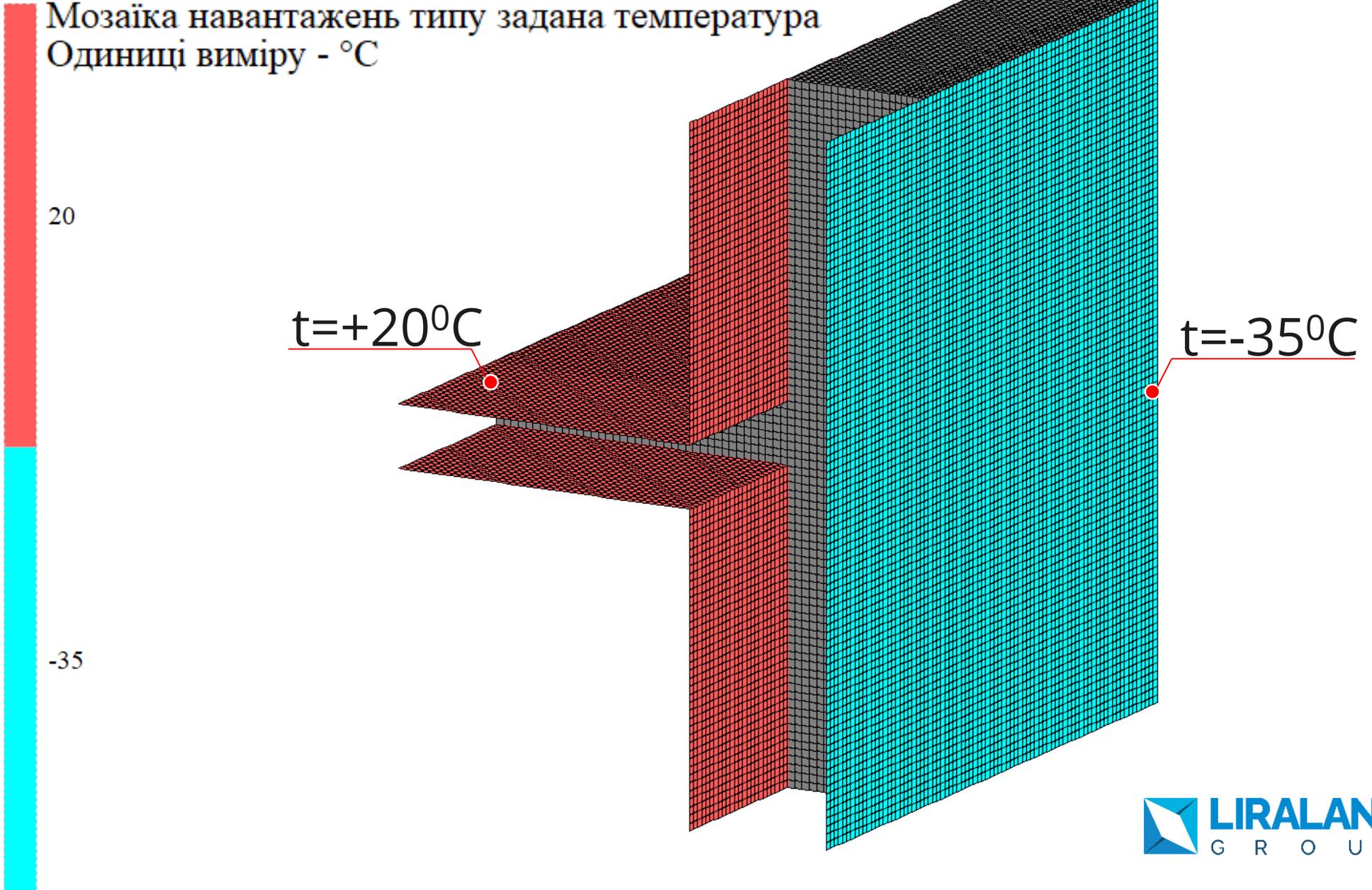
Колір	Номер	Коментар	$K, \text{Дж}/(\text{м}\cdot\text{с}\cdot^\circ\text{C})$
Зелений	1	Залізобетонна плита	1.920
Оранжевий	2	Кладка з цегли	0.580
Пурпурний	3	Мінплита	0.044
Сірий	4	Газоблок	0.300
Циановий	5	Термівкладки	0.045



Жорсткісні характеристики. Пластини (конвекція)

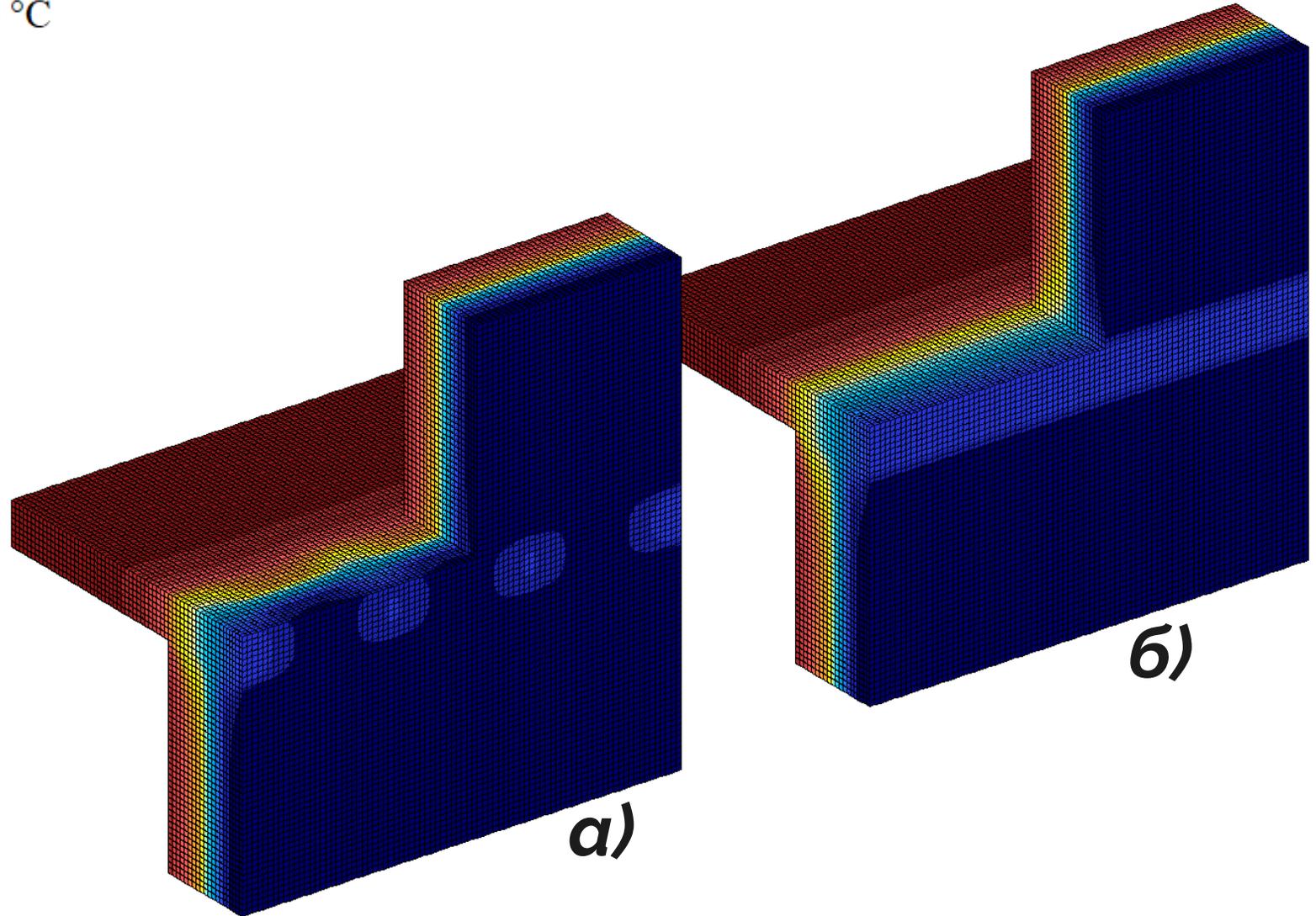
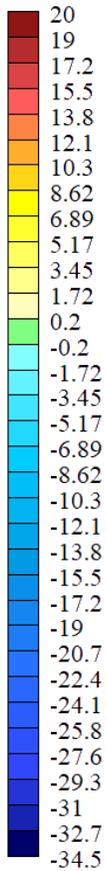
Колір	Номер	Ім'я	Коментар	$a, \text{Дж}/(\text{с}\cdot\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$
Блакитний	6	Конвекція	Зовнішня поверхня	23.000
Пурпурний	7	Конвекція	Внутрішня поверхня	8.700

Розрахунок температурних полів вузла примикання зовнішніх стінових конструкцій до монолітної плити



Розрахунок температурних полів вузла примикання зовнішніх стінових конструкцій до монолітної плити

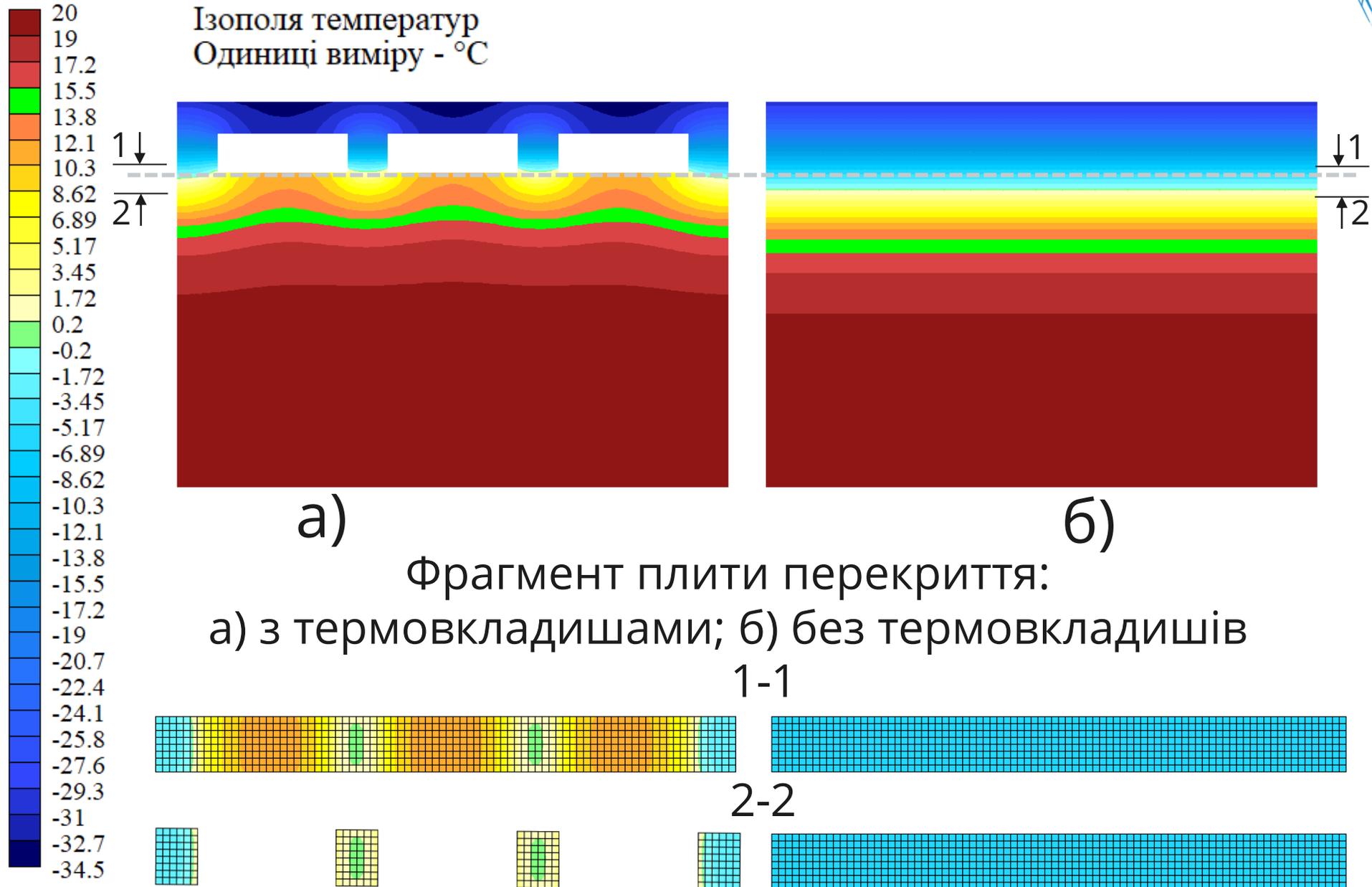
Ізополя температур
Одиниці виміру - °C



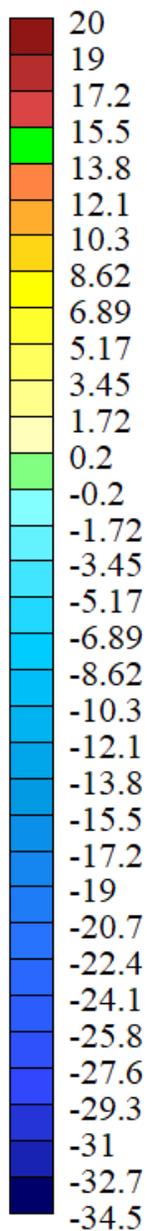
Ділянка стінового огородження:
а) з термовкладишами; б) без термовкладишів



Розрахунок температурних полів вузла примикання зовнішніх стінових конструкцій до монолітної плити

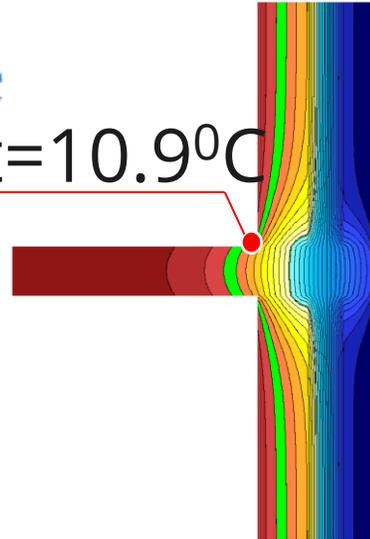


Розрахунок температурних полів вузла примикання зовнішніх стінових конструкцій до монолітної плити

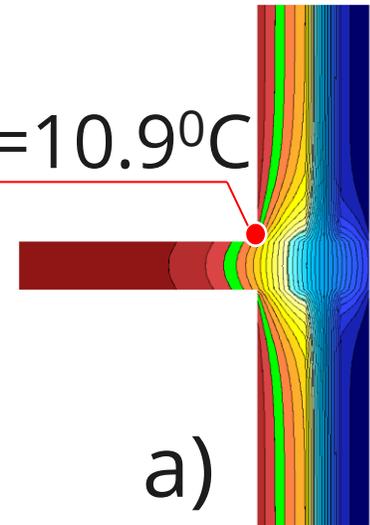


Ізополя температур
Одиниці виміру - °C

$t=10.9^{\circ}\text{C}$

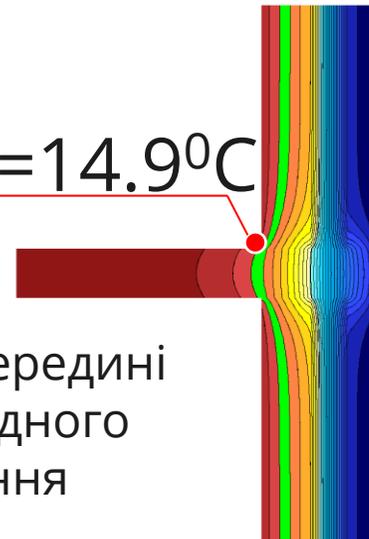


$t=10.9^{\circ}\text{C}$

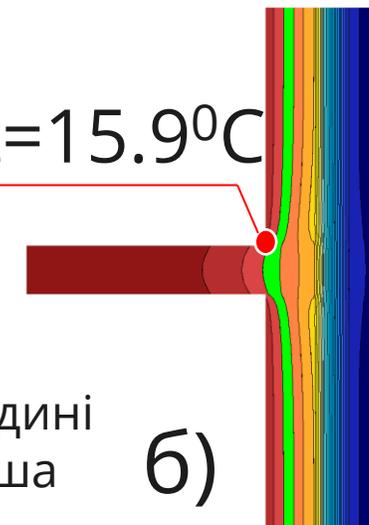


а)

$t=14.9^{\circ}\text{C}$



$t=15.9^{\circ}\text{C}$



б)

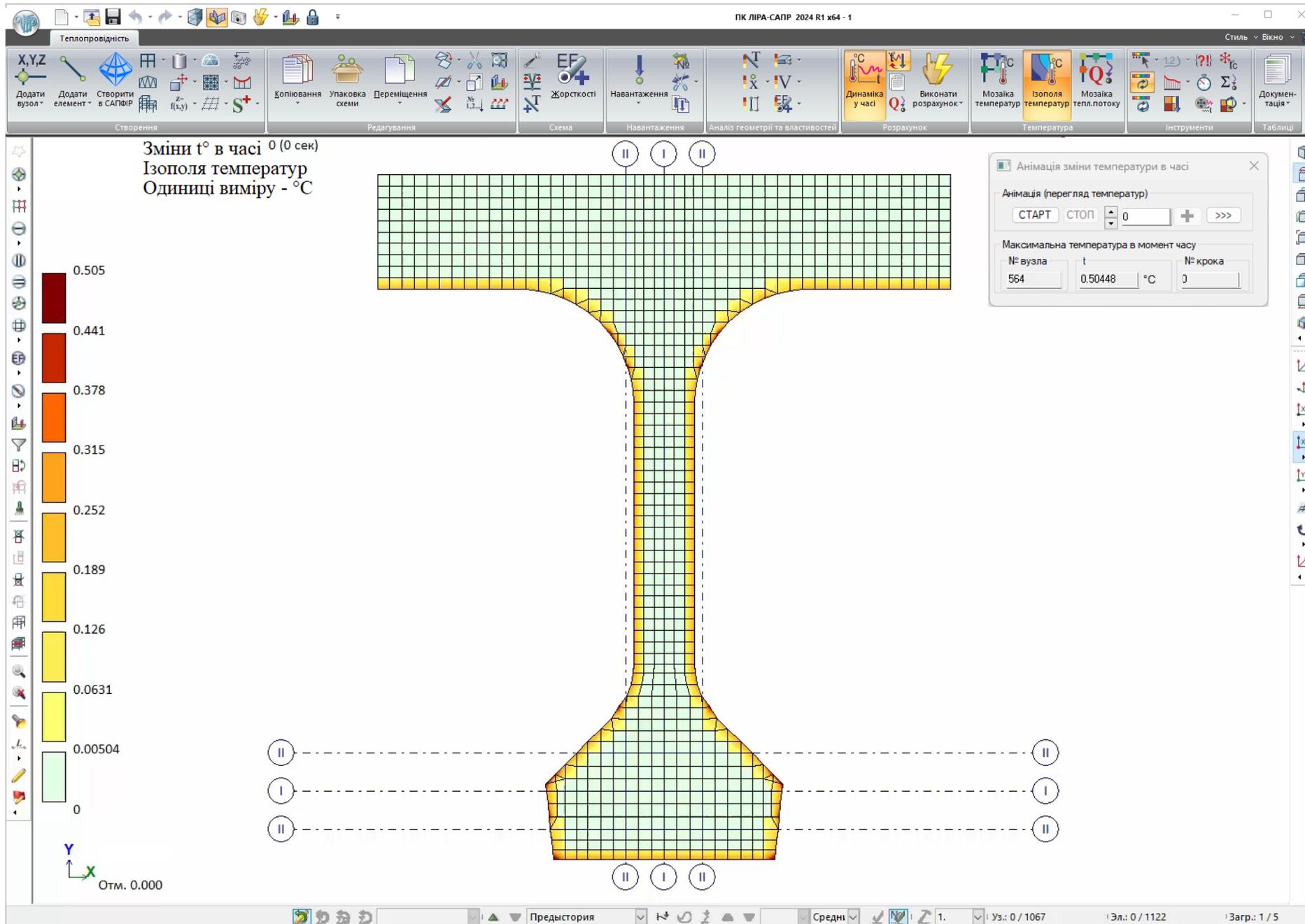
Переріз по середині
теплопровідного
включення

Переріз посередині
термовкладиша

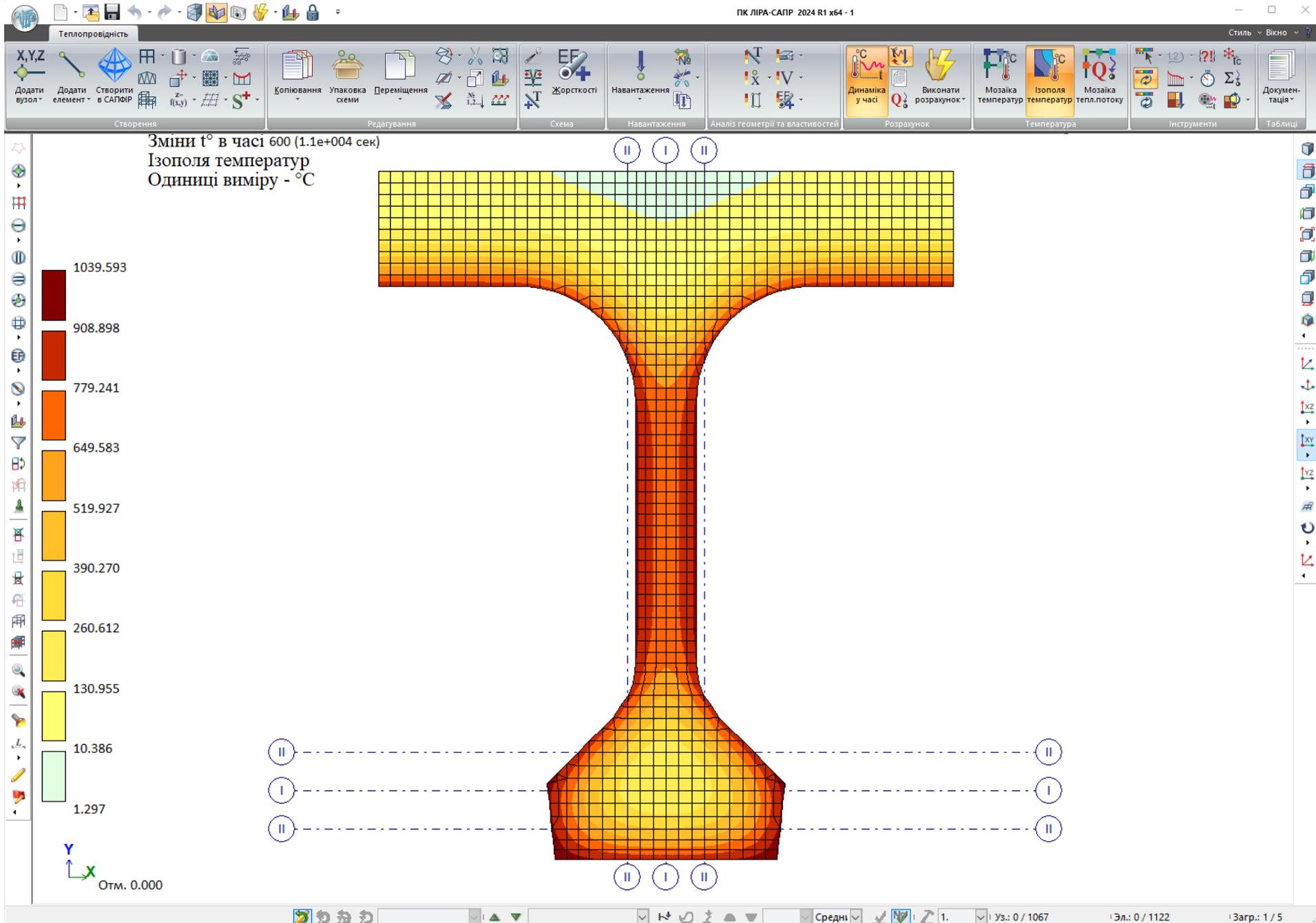
Ділянка стінового огородження:
а) з термовкладишами; б) без термовкладишів



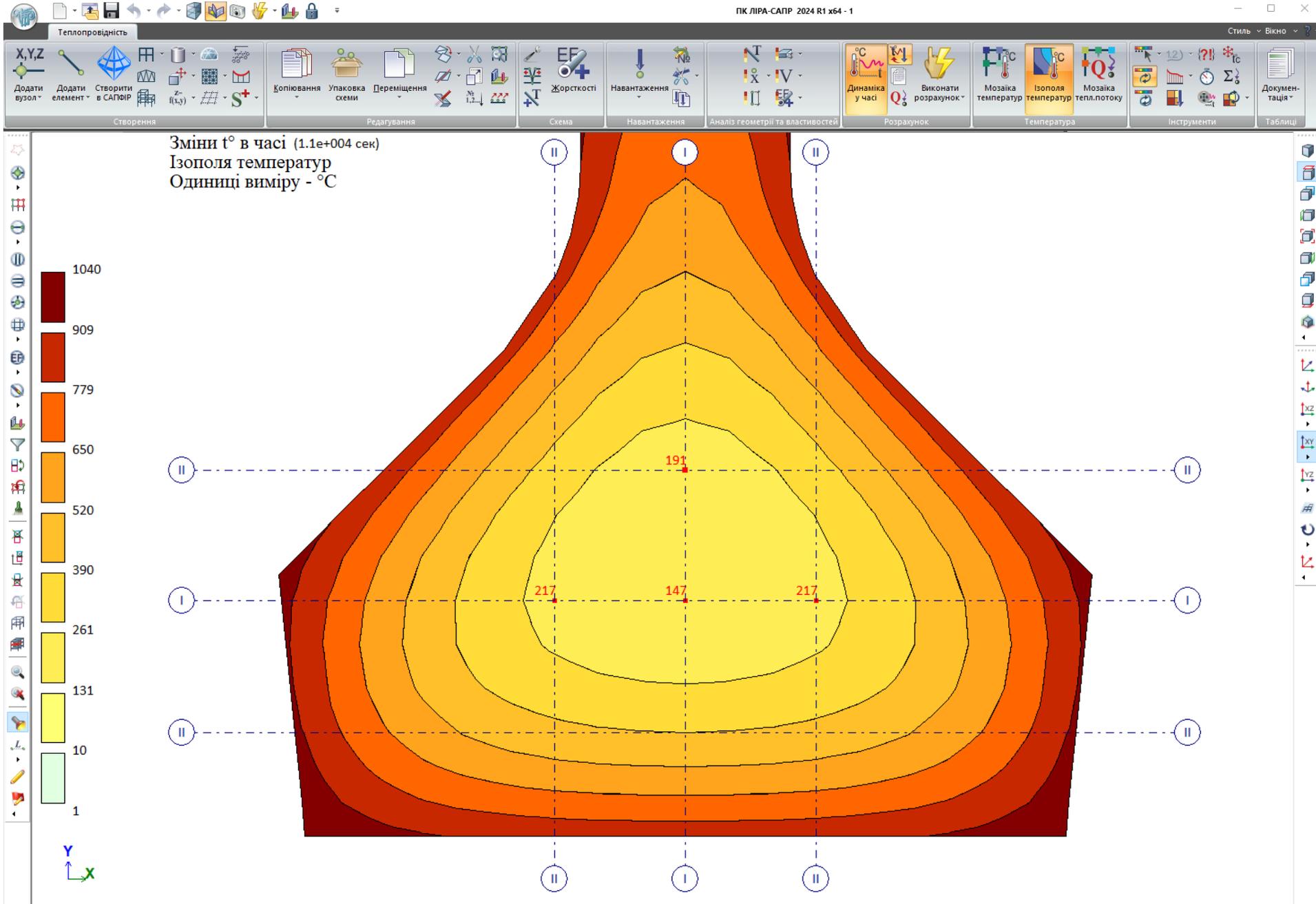
Моделювання нестационарного процесу теплопровідності. Вогнезахист будівельних конструкцій



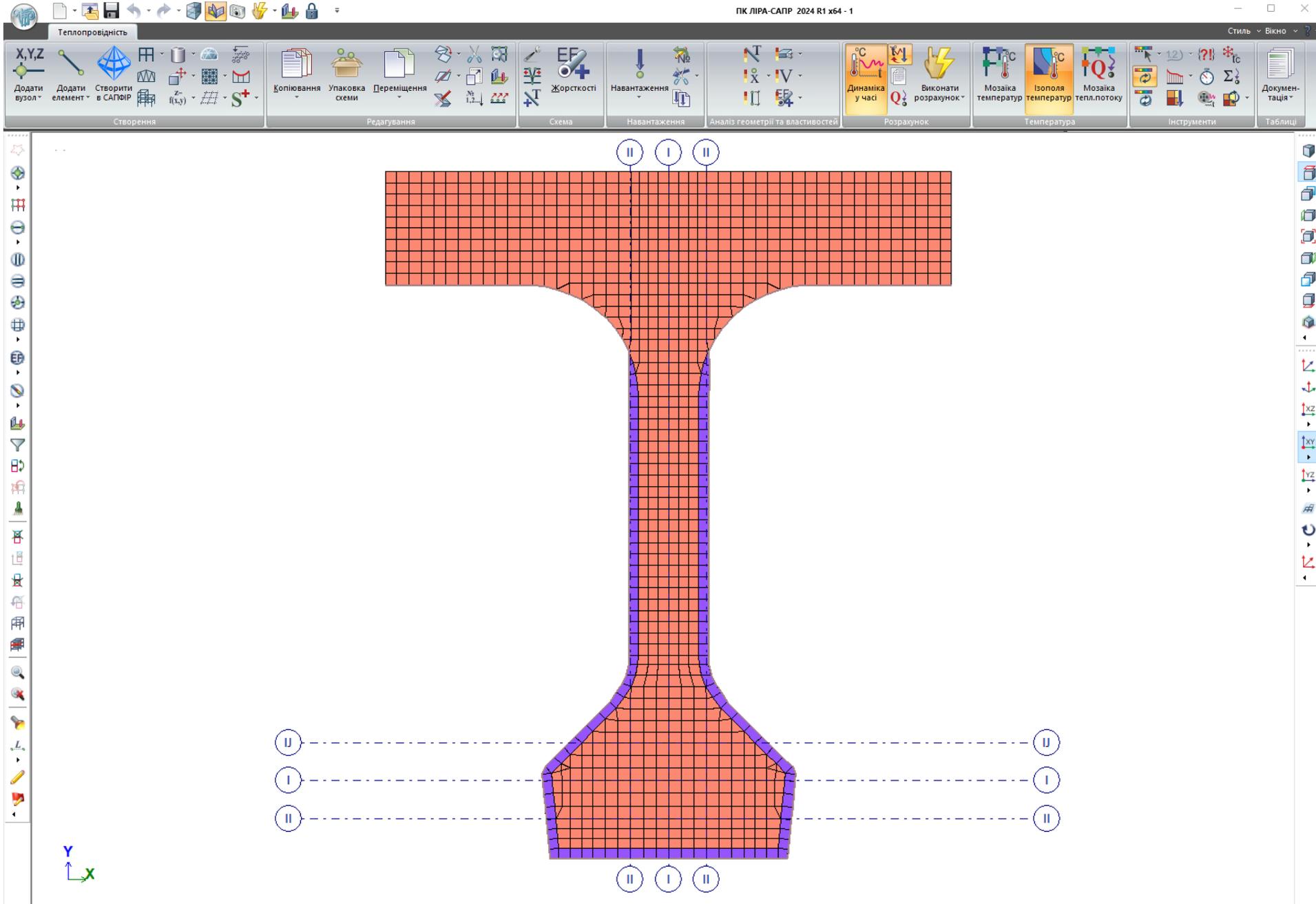
Моделювання нестационарного процесу теплопровідності. Вогнезахист будівельних конструкцій



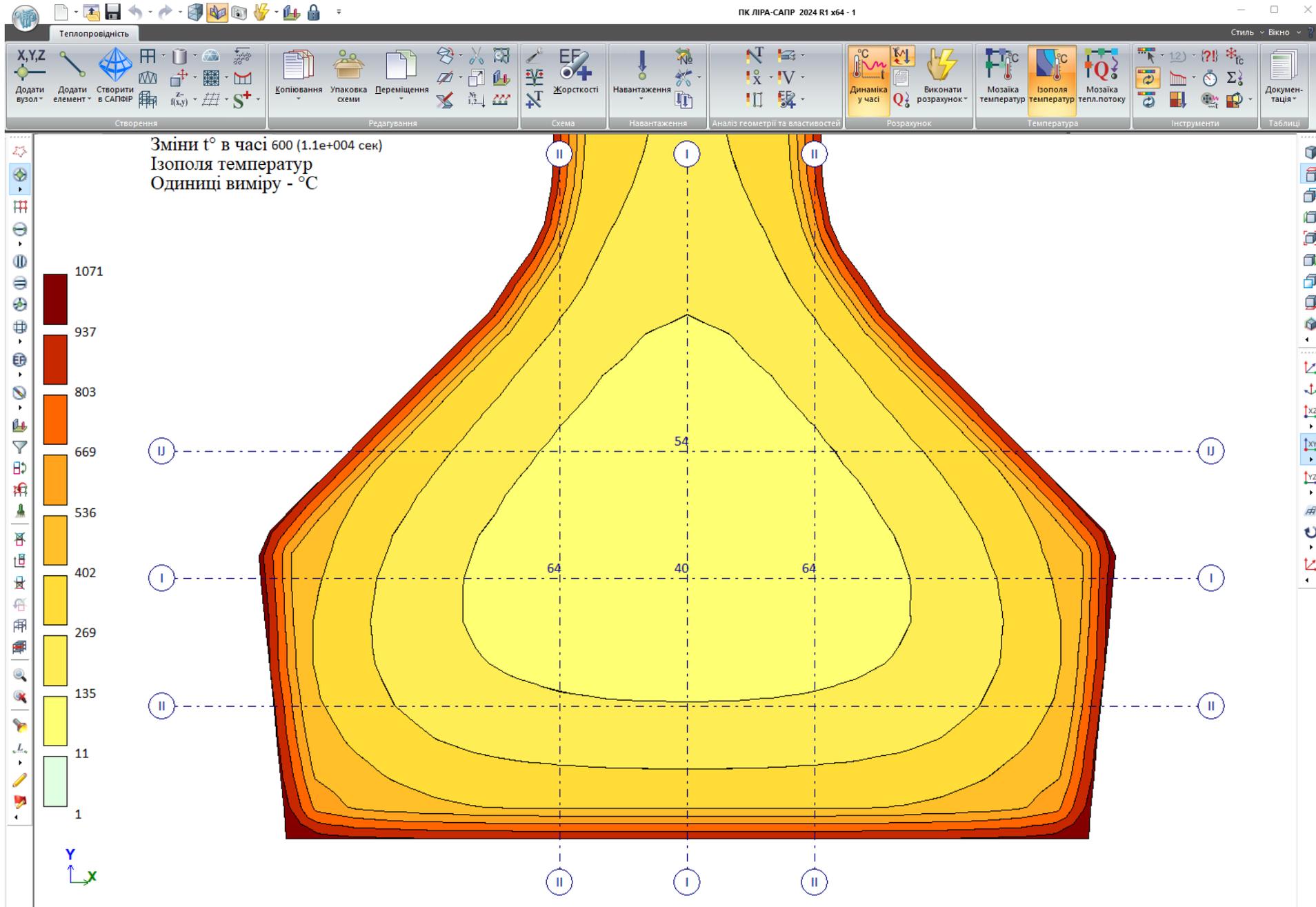
Моделювання нестаціонарного процесу теплопровідності. Вогнезахист будівельних конструкцій



Моделювання нестаціонарного процесу теплопровідності. Вогнезахист будівельних конструкцій



Моделювання нестационарного процесу теплопровідності. Вогнезахист будівельних конструкцій



Система «Вогнестійкість»

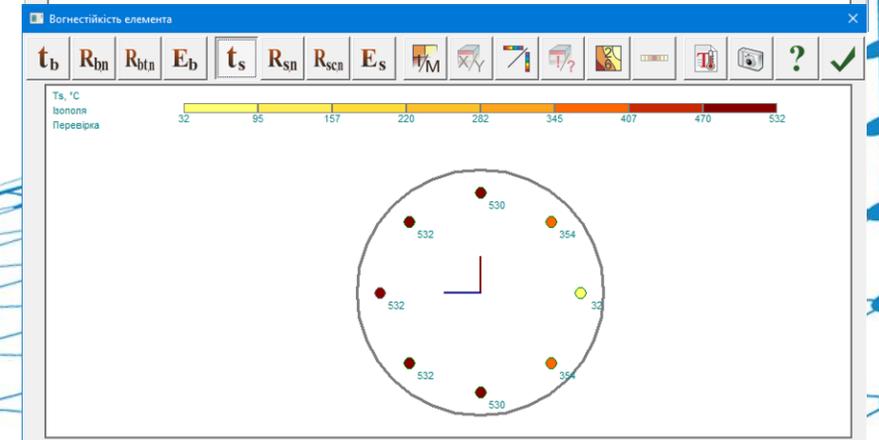
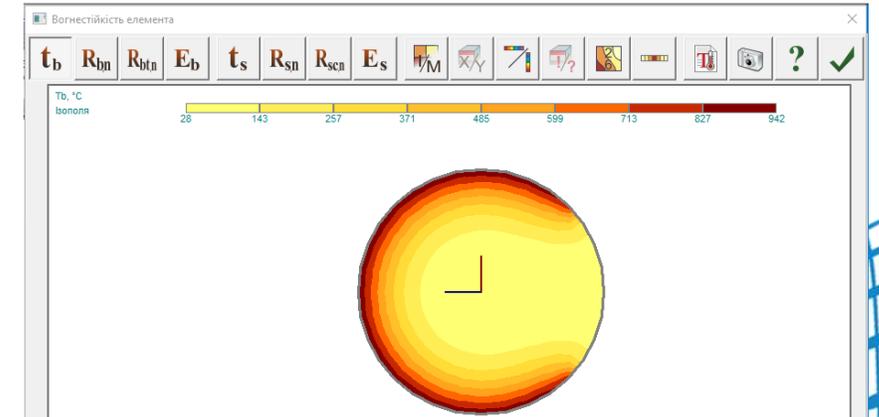
Автоматизований підбір армування для забезпечення необхідної межі вогнестійкості залізобетонних і сталезалізобетонних конструкцій за ознакою втрати несної здатності згідно з будівельними нормами.

The screenshot displays the main software interface with a 3D model of a structure. Several windows are open:

- Умови горіння (Fire Conditions):** Shows fire resistance limit (R90) and duration (90 хв.).
- Температурний режим (Temperature regime):** Shows a standard regime with a table of time and temperature data.
- Матеріали (Materials):** Lists concrete and reinforcement properties.
- Ураховувати вогнестійкість (Consider fire resistance):** A checkbox that is checked.
- Температурно-часова залежність (Temperature-time dependence):** A graph showing temperature increase over time.

#	Time	°C
1	0.0	20
2	5.0	576
3	10.0	679
4	15.0	738

Бетон	Жорстка арматура
λ 0.975	56.6 Дж/(с*м ³)
C 959	669 Дж/(кг*°C)
ρ 23030	77028 Н/(м ²)
a 25	Дж/(с*м ²)



Система «Вогнестійкість»

ПК ЛІРА-САПР 2021 R1.3 x64 - [1]

Стиль Вікно

Створення та редагування Розширене редагування Розрахунок Аналіз Розширений аналіз Залізобетон Сталь Цегла

Додати вузол Додати елемент Створити в САПР

Копіювання Упаковка схеми Переміщення

Жорсткості Конструктор перерізів Задане армування

Варіанти Блоки

Редактор завантажень Навантаження

Знайти центр

Жорсткості та матеріали

Призначити елементи схеми

Жорсткість: 14. Пластина Н 16 (kbis baqani)

Матеріали: Тип: Бетон: Армування: 6. Оболонка (Ви... 7. B25.rigell-pila ... 1. A500C2.A500...

Варіант 1

Задане армування:

Жорсткості З/Б Сталь Кладка ТЗА

Список типів жорсткостей

1. Брус 11 X 11 (xisti)
2. Брус 1 X 1 (fikt)
3. Брус 40 X 100 (daxnil)
4. Брус 1 X 1 (gadaxurvis pilis konturi)
5. Брус 1 X 1 (xvrebile 10sm)
6. Брус 1 X 1 (vitraj)
7. Брус 1 X 1 (rigelis da Shemkravi ke)
8. Брус 1 X 1 (kedlebis tavze)
9. Брус 40 X 40 (saxuravi)
10. Брус 40 X 40 (rigeli saxuravi)
11. Брус 1 X 1 (tixrebi aivanze 20sm)
12. Брус 1 X 1 (tixrebi shiga 20sm)
13. Кільце 120 X 0 (Svaja 120cm)
14. Пластина Н 16 (kbis baqani)
15. Кут 70 X 50 (SHamosadebi rigel)
16. Кут 70 X 30 (SHamosadebi rigel)
17. Брус 100 X 60 (niloni +34.5 mrd)

Призначити поточним

Список для фрагмента

Додати жорсткість

Задати параметри нового типу жорсткості та додати його до списку:

Стандартні типи перерізів

Брус Тавр_Т Тавр_Л

Двотавр Швелер Коробка

Кільце Балка Хрест

Кут Несим.тавр Несим.тавр

Брус** Двотавр**

Додати жорсткість

Задати параметри нового типу жорсткості та додати його до списку:

Сталезалізобетонні перерізи

Двотавр і два таври у брусі Двотавр у брусі Брус у обіймі з 4-х кутків

Два швелери [] у брусі Два швелери [] у брусі Хрест у брусі

Брус у прямокут... Трубетон Двотавр у трубетоні

Хрест у трубетоні Двотавр і два таври утруб...

Додати жорсткість

Задати параметри нового типу жорсткості та додати його до списку:

Пластинасти, об'ємні, чисельні

Пластини Об'ємні KE Конструктор перерізів

Нестандартний переріз Тонкостінний переріз KE 1 чисельний

KE 2 чисельний KE 3 чисельний KE 4 чисельний

KE 7 чисельний KE 10 чисельний KE 51 чисельний

KE 55 чисельний KE 56 чисельний KE стику

KE 60 чисельний KE 62 демпфер KE 65.66 чисельний

7.2 7.2 7.2 7 7 7.2 7.2 10 7.2

3 4 5 6 7 8 9 10 11

61

Буз.: 0 / 82303 Эл.: 0 / 97803 Зав.: 1 / 5

Система «Вогнестійкість»

СП 63.13330.2012/2018 Матеріали для розрахунків З/Б конструкцій

● ТИП СТЕРЖЕВЬ

#	Назва	Вид роз...	Симе...	Низ (...)	Верх...	Бік
2 (1)	Колони М1-63 h=3.3	Колона...	С	5.00	5.00	5.0
3 (1)	Колони М1-1 h=4.75	Колона...	С	5.00	5.00	5.0
4 (1)	Колони М1-1 h=6.5	Колона...	С	5.00	5.00	5.0
5 (1)	Колони М1-63 h=4.2	Колона...	С	5.00	5.00	5.0
17 (1)	Балки	Балка	Н	5.00	5.00	5.0

ПЛАСТИНА

#	Назва	Вид роз...	Вуд. ...	Низ X ...	Верх ...
1 (1)	Фундамент	Оболонка	-	6.00	6.00
6 (1)	Плита	Оболонка	-	5.00	5.00
7 (1)	Стіни h=2	Оболонка	+	3.50	3.50
8 (1)	Стіни h=6.5	Оболонка	+	3.50	3.50
9 (1)	Стіни h=5.9	Оболонка	+	3.50	3.50
10...	Стіни h=4.15	Оболонка	+	3.50	3.50
11...	Стіни h=4.75	Оболонка	+	3.50	3.50
12...	Стіни h=2.95	Оболонка	+	3.50	3.50

● БЕТОН

#	Назва	Клас б...	R _{bp} , ...	R _{btp} , ...	Е _в , М...	Вид бе...
1 (1)	Фундамент	B40	29.0	2.1	36000...	важкий
2 (1)	Колони -1-18	B80	57.0	3.3	42000...	важкий
3 (1)	Колони 19...	B70	50.0	3.0	41000...	важкий
4 (1)	Колони 40...	B60	43.0	2.8	39500...	важкий
5 (1)	Колони 4R...	B50	36.0	2.5	38000...	важкий

● АРМАТУРА

#	Назва	R _X По...	R _s , М...	R _{sw} , ...	R _Y По...	R _s , М...
1 (1)	Стандарт	A500...	435.0	300.0	A500...	435.0

Умови горіння

СТО 36554501-006-2006/СП 468.1325800.2019

Межа вогнестійкості і час горіння
 R90 90 хв.

Грані піддані нагріванню

Бетон Жорстка арматура

λ	0.975	56.6	Дж/(с*м * C)
с	959	669	Дж/(кг * C)
ρ	23030	77028	Н/(м3)
а	25		Дж/(с*м2 * C)

Розраховувати поперечну арматуру

Температурно-часова залежність

°C max 1200 (200°C)

max 300 (50m) T

Температурний режим

Стандартний

Стандартний

Зовнішня пожежа

Вуглеводневий

Т	Т	Т
1	0.0	20
2	5.0	576
3	10.0	679
4	15.0	738
5	20.0	781
6	25.0	810
7	30.0	841
8	40.0	885
9	50.0	915
10	60.0	945
11	70.0	970
12	80.0	990
13	90.0	1000
14	100.0	1025
15	110.0	1035
16	120.0	1049
17	150.0	1082
18	180.0	1110
19	210.0	1133
20	240.0	1153
21	270.0	1170
22	300.0	1186

Система «Вогнестійкість»

The screenshot displays the LIRA-CAP 2021 R1.3 x64 - 2.1 software interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a red column selected. Several dialog boxes are open, detailing fire resistance parameters.

Умови горіння (Fire Conditions):

- Межа вогнестійкості і час горіння: R90, 90 хв.
- Температурний режим: Стандартний
- Грані схильні до нагріву:

Таблиця температурних режимів (Temperature Regime Table):

#	Time	°C
1	0.0	20
2	5.0	576
3	10.0	679
4	15.0	738

Матеріали (Materials):

- Бетон: $\lambda = 0.975$, $C = 959$, $\rho = 23030$, $a = 25$
- Жорстка арматура: 56.6 Дж/(с*м), 669 Дж/(кг*), 77028 Н/(мЗ), $Дж/(с^2*м^2)$

Температурно-часова залежність (Temperature-time dependence):

Graph showing temperature (°C) vs. time (h). Y-axis: °C max 1200 (200°C). X-axis: max 300 (50m) T.

Урахувати вогнестійкість (Consider fire resistance):

Таблиця параметрів (Parameter Table):

Назва	Колони М1-63 h=3.3
Вид	Колона рядова
Армування	Симетричне
Система	Статично невизначена

Високі параметри (High parameters):

- Ураховувати конструктивні вибоги:
- Виділяти кутові арматурні стрижки:
- Розташовувати бічну арматуру полиці:
- Ураховувати спільну дію зусиль:
- Ураховувати багатоконтурність:
- Ураховувати поправки до п. 3.52 Побудовника:

Система «Вогнестійкість»

The screenshot displays the 'Система «Вогнестійкість»' (Fire Resistance System) software interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a column highlighted. A properties dialog for the selected column is open, showing the following details:

- Номери вузлів: 766214, 772922
- №: 2477, Блок N: 5123, Відмічений:
- Тип жорсткості: 142. Кільце 40 X 0 (Columns 4.2/B40/A500/)
- Тип KE: К-ть перерізів: 3, A: ID
- Довжина, координати центра ваги: L=4.65м, Xc=20.07м, Yc=3.37м, Zc=252.525м
- Вариант: 1, Переріз: 1
- Межа вогнестійкості і час горіння: R90, 90 хв.
- Грані схильні до нагріву: 2, 3, 4
- Температурний режим: Стандартный

Two circular analysis plots are shown on the right side of the interface:

- The top plot shows the temperature distribution (Tb, °C) on the fire surface. The color scale ranges from 28 to 942 °C.
- The bottom plot shows the fire resistance (Rbtн, МПа) on the fire surface. The color scale ranges from 0.10 to 1.98 МПа.

The software interface includes a menu bar with options like 'Створення та редагування', 'Розрахунок', and 'Аналіз'. The bottom status bar shows the current file path, element ID, and page number (Зав.: 1 / 130).

Система «Вогнестійкість»

The image displays the 'Вогнестійкість' (Fire Resistance) software interface. The main window shows a 3D model of a building structure with a fire source (torch) applied to a wall. A central dialog box provides details for a selected element, 'Стержень 2477'.

Стержень 2477 Properties:

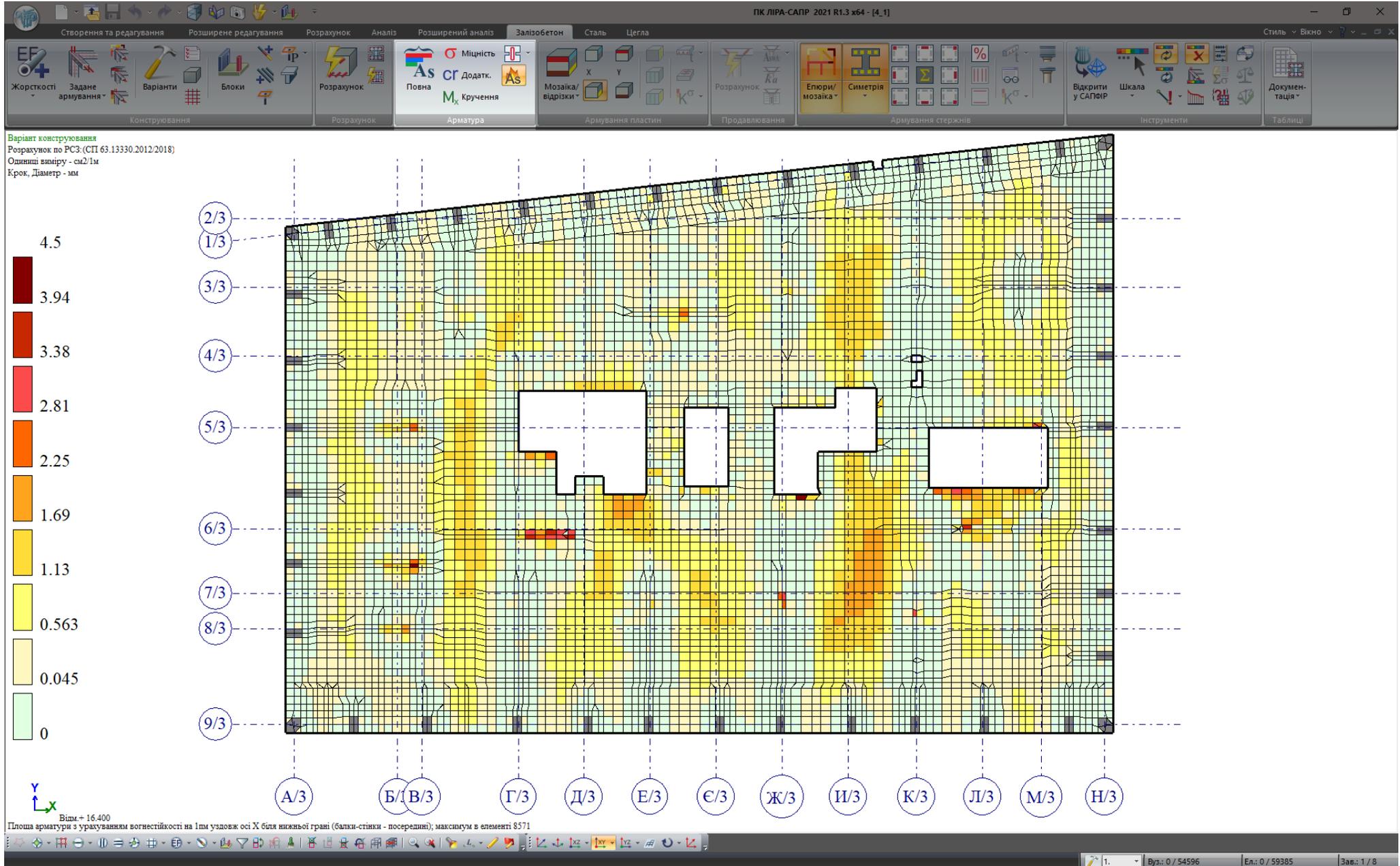
- Номери вузлів: 766214, 772922
- №: 2477, Блок N: 5123, Відмічений:
- Тип жорсткості: 142. Кільце 40 X 0 (Columns 4.2/B40/A500/)
- Тип KE: 10, К-ть перерізів: 3, A: ID
- Довжина, координати центра ваги: L=4.65м, Xc=20.07м, Yc=3.37м, Zc=252.525м
- Вариант: 1, Переріз: 1
- Межа вогнестійкості і час горіння: R90, 90 хв.
- Температурний режим: Стандартний

Two analysis windows are open on the right:

- Вогнестійкість елемента (Temperature):** Shows a circular cross-section with temperature values ($T_s, ^\circ\text{C}$) ranging from 32 to 532. The color scale transitions from yellow (32) to red (532).
- Вогнестійкість елемента (Stress):** Shows a circular cross-section with stress values (R_{scn}, MPa) ranging from 262.93 to 500.00. The color scale transitions from yellow (262.93) to red (500.00).

The bottom status bar shows: Буз.: 0 / 783367, Ел.: 0 / 849282, Зав.: 1 / 130.

Система «Вогнестійкість»



Система «Вогнестійкість»

ПК ЛІРА-САПР 2021 R1.3 x64 - [4_1]

Створення та редагування Розширене редагування Розрахунок Аналіз Розширений аналіз Залізобетон Сталь Цегла Стиль Вікно

Жорсткості Задане армування Варіанти Блоки Розрахунок Міцність Повна Кручення Мозаїка/відрізки Продавлювання Епюри/мозаїка Симетрія Відкрити у САПР Шкала Документація Таблиці

Варіант конструювання
Розрахунок по РСЗ (СП 63.13330.2012/2018)
Однінш виміру - см2
Крок, Діаметр - мм

8.04 1d32
6.16 1d28
4.91 1d25
3.8 1d22
3.14 1d20
2.55 1d18
2.01 1d16
1.13 1d12
0.0113
0

Елемент 19571
Номери вузлів
54348, 21826
№ 19571 Блок N 4 Відмічений
Тип жорсткості
10. Брус 40 X 78 (Колонна В40)
Тип КЕ К-ть перерізів А : ID
10 2
Довжина, координати центра ваги
L=4.5м, Xc=10.66м, Yc=0м, Zc=2.15м
Варіант Переріз
1 1 Показати N M Q
АРМУРА поздовжня

Арм...	AU1	AU2	AU3	AU4
ПОВН	5.46	5.46	5.46	5.46
МІЦН	1.09	1.09	1.09	1.09
КР *	0.03	0.03	0.03	0.03
ВГН	4.06	4.06	4.06	4.06

Ар...	AS1	AS2	AS3	AS4	%
ПОВН	0.07	0.07	0.06	0.06	0.71
МІЦН	0.07	0.07	0.06	0.06	0.15
КР *	0.07	0.07	0.06	0.06	

Кро...	ASW1	ASW2	Корот...	Трив...
ПОВН	0.476	0.476		
КР *	0.476	0.476		

Площа армури з урахуванням вогнестійкості AU3. Симетричне армування. Максимум 6.29 в елементі 40116.

1. Вуз.: 0 / 54596 | Ел.: 0 / 59385 | Зав.: 1 / 8



info@liraland.com.ua



www.liraland.com

